

NOTA DE INVESTIGACIÓN

EXTRACCIÓN DE MADERA EN EL PARQUE NACIONAL NEVADO DE TOLUCA

WOOD HARVESTING IN NEVADO DE TOLUCA NATIONAL PARK

Angel Rolando Endara Agramont ¹, Gabino Nava Bernal ¹, Sergio Franco Maass ¹,
Alejandra Espinoza Maya ¹, José Antonio Benjamín Ordóñez Díaz² y Carlos Mallén Rivera³

RESUMEN

La extracción de leña y madera en las localidades rurales dentro del área de influencia del Parque Natural Nevado de Toluca muestra un notable incremento; sin embargo, al desconocerse sus cantidades reales se plantea la necesidad de conocer las especies forestales que tienen un mayor grado de aprovechamiento, identificar sus porcentajes y determinar sus formas de uso. La metodología consistió en un muestreo estratificado aleatorio en los bosques de pino (*Pinus hartwegii*), oyamel (*Abies religiosa*), aile (*Alnus jorullensis*) y encino (*Quercus laurina*), donde se ubicaron 30 sitios de 20 x 50 m: pino (10), oyamel (10), aile (5) y encino (5), y se midieron las variables de diámetro y altura para árboles mayores a 2.5 cm de diámetro normal (DN); así como el diámetro basal (DB) de todos aquellos con evidencia de corte. Se realizó una encuesta en la cual se consideraron los siguientes tópicos: tipo de cobertura forestal, uso del material y los diámetros para cada uno, época de extracción y sus volúmenes, y peso (kg) de las cargas de leña o madera por especie para cinco localidades: Agua Blanca, Calimaya, Raíces, San Miguel Oxtotilpan y Santiago Tlacotepec. Los resultados indican que la mayor cantidad de árboles extraídos para todas las especies, se concentra en los menores a 30 cm de DN; los cuales se utilizan como leña, bajo el siguiente orden de calidad: encino, oyamel, pino y aile. En cambio, la extracción de individuos adultos es más frecuente en encino (31%) y pino (29%): el primero se usa para carbón y el segundo para muebles.

Palabras clave: *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. et Cham., *Alnus jorullensis* Kunth, aprovechamiento maderable, bosques templados, *Pinus hartwegii* Lindl., *Quercus laurina* Humb. et Bonpl.

ABSTRACT

The extraction of timber and firewood by rural localities within the area of influence of the Nevado de Toluca National Park shows a marked increase, of which the actual amounts of extraction are unknown. As a result, there is a need to know which forest species have a higher degree of extraction, identify percentages and determine forms of use. The methodology was carried out through a stratified random sampling in pine (*Pinus hartwegii*), fir (*Abies religiosa*), alder (*Alnus jorullensis*) and oak (*Quercus laurina*) forests; 30 sampling sites of 20 x 50 meters (1000 m²) pine (10), fir (10), alder (5) and oak (5), were placed in the field, and variables such as tree diameter and height were measured in the case of individuals with a normal diameter (ND) greater than 2.5 cm, and so was the basal diameter (BD) of those with cutting evidence. In addition, a survey was carried out in which variables such as the following were considered: type of forest cover, use of materials, diameters for each use, extraction time, extraction volume and weight in kg of the loads of firewood or wood species from five locations (Agua Blanca, Calimaya, Raíces, San Miguel Oxtotilpan and Santiago Tlacotepec). The results indicate that most of the harvest trees in all tree species are concentrated in less than 30 cm ND, used as firewood, in the following quality order: oak, fir, pine and alder. However, extraction of adult tree is more common in the oak (31%) and pine (29%), the first used for coal and the second for furniture.

Key words: *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. et Cham., *Alnus jorullensis* Kunth, timber exploitation, temperate forests, *Pinus hartwegii* Lindl., *Quercus laurina* Humb. et Bonpl.

Fecha de recepción: 26 de junio de 2010

Fecha de aceptación: 19 de abril de 2012

¹ Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales. Correo-e: rolandoendara@hotmail.com

² Programa de Cambio Climático, Pronatura

³ Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, INIFAP.

INTRODUCCIÓN

La extracción de leña, los incendios forestales, las plagas y enfermedades son procesos que disminuyen la cobertura vegetal y, de forma directa, ocasionan la reducción de los caudales de agua y la fertilidad del suelo; además facilitan las inundaciones (Acuña, 2006). Según Merino y Hernández (2004) las comunidades rurales basan su consumo de energía doméstica en combustibles de origen forestal (leña y carbón) a partir de la "tala hormiga", la cual consiste en la obtención de materiales vegetales para cocinar y alimentarse (Valle, 2006). Esta necesidad crea una dependencia inmediata de los recursos naturales cercanos y causa problemas en las localidades vecinas que, en consecuencia, requieren propuestas de ordenamiento territorial a nivel comunitario (Pérez, 2006).

El aprovechamiento de los recursos forestales es una actividad tradicional que ocupa un lugar importante en la economía de las poblaciones rurales próximas a las Áreas Naturales Protegidas (ANP) y constituye la fuente principal de ingresos para un número importante de familias. La extracción de leña se destina, de manera directa, para satisfacer las exigencias básicas (autoconsumo), sin que represente un riesgo o amenaza inminente para la dinámica del ecosistema (González, 1993).

En este sentido, la creación de las ANP ha sido una estrategia fundamental para la conservación de los ecosistemas; sin embargo, existen problemas institucionales y sociales debido a las formas de tenencia de la tierra, al cambio de uso de suelo, así como a la inadecuada gestión de espacios (Valle, 2006). Dichas áreas tienen una relación con las comunidades locales (Kramer *et al.*, 1997) que, en su mayoría, deforestan bajo el sistema de producción roza-tumba-quema, en particular, en bosques tropicales, lo que contribuye al deterioro de sus ecosistemas y la degradación de sus suelos (Roncal *et al.*, 2008; Berkes, 1999).

El deterioro ambiental obedece, entre varios factores, al crecimiento de las manchas urbanas y sus grandes exigencias (Espejel *et al.*, 2004), lo cual origina una creciente falta de recursos físicos y materiales para combatir los efectos del crecimiento económico y poblacional (Alfie y Méndez, 2000). Su definición se hace en función de las formas de organización social, el uso de los recursos naturales disponibles y de las condiciones económicas y políticas que definen las características de aprovechamiento y uso de los recursos (Juan, 2007).

Brandon (1998) sostiene que es factible el desarrollo económico en comunidades cercanas a las ANP, una vez que se cambie el enfoque actual dentro de los Parques Nacionales. De igual forma, si se considera el conocimiento local, incluso para desarrollar la agricultura intensiva, resultaría compatible con la

INTRODUCTION

Timber extraction, wildfires, plagues and diseases are processes that reduce vegetation cover and directly cause the diminishment of water flows and of soil fertility; moreover, they facilitate floods (Acuña, 2006). According to Merino and Hernández (2004), rural communities base their domestic energy consumption on fuels of forest origin (firewood and coal) obtained from the "tala hormiga" (a form of illegal small-scale logging meant for subsistence), which consists in obtaining vegetal materials for cooking and feeding (Valle, 2006). This need creates an immediate dependency of the population to the resources available nearby, and causes problems in neighboring communities which, consequently, require community territorial ordering proposals (Pérez, 2006).

Forest resources harvesting is a traditional activity that takes an important place in the economy of the rural populations near Natural Protected Areas (ANP, for its acronym in Spanish), and constitutes the main source of income for a great number of families. Timber extraction is directly oriented to satisfy the basic needs (personal consumption), so it does not represent an imminent risk or threat for the dynamics of the ecosystem (González, 1993).

In this sense, creating ANPs has been a fundamental strategy for the conservation of ecosystems; however, there are certain institutional and social problems caused by forms of land tenancy, land use changes, as well as an inadequate space management (Valle, 2006). Such areas are related to the local communities (Kramer *et al.*, 1997), most of which deforest following the slash-and-burn production system, particularly in tropical rainforests, which contributes to the deterioration of their ecosystems and the degradation of its soils (Roncal *et al.*, 2008; Berkes, 1999).

The environmental deterioration responds to the urban sprawl and its large demands, among other factors (Espejel *et al.*, 2004), which results in a growing lack of physical and material resources for thwarting the effects of economic and population growth (Alfie y Méndez, 2000). It is defined depending on the forms of social organization, the use of available natural resources, and the political and financial conditions that determine the characteristics of exploitation and use of resources (Juan, 2007).

Brandon (1998) argues that financial development is feasible in communities close to the ANPs, once the current focus is changed within National Parks. Similarly, if the local knowledge is taken into account, even if it is for developing intensive agriculture, it would eventually be compatible with the conservation of such areas (Schelhas, 1992). Moreover, it should be acknowledged that Mexican forests and rainforests still play an important role in the sustenance of many rural families living in extreme

conservación de dichas áreas (Schelhas, 1992). Además, se debe reconocer que los bosques y selvas de México son todavía el sustento de cuantiosas familias rurales que viven en extrema pobreza (Serrano, 2002). Por lo anterior, el aprovechamiento de los bosques tendrá que contemplar la necesidad de satisfacer los requerimientos básicos y beneficios económicos de las comunidades, de tal manera que este se lleve a cabo sin exceder los niveles de productividad y mantener las capacidades de producción del ecosistema, en el marco del concepto del desarrollo sustentable.

El Parque Nacional Nevado Toluca (PNNT) ha tenido una sobreexplotación de sus recursos forestales maderables, como lo muestra la pérdida de más de 50% de su cobertura vegetal original desde su decreto en 1936 (GEM, 1999). Así mismo, la tala selectiva de madera con fines comerciales, los cambios de uso de suelo inducidos por la población local y la presencia de plagas e incendios forestales han contribuido en gran medida al deterioro del bosque (Franco *et al.*, 2006; Endara, 2007). Con 23 localidades dentro del parque y otras aledañas, es lógico que los asentamientos humanos y un sinnúmero de instancias encargadas de su manejo (CONANP, CEPANAF, CONAFOR, SEMARNAT, PROBOSQUE) se conviertan en un serio problema para la toma de decisiones respecto a su manejo (Vargas, 1997).

El PNNT ofrece a estas poblaciones el suministro de leña, madera y productos forestales no maderables como la perilla, el musgo y los hongos silvestres comestibles, razón que lo convierte en una excelente fuente de ingresos económicos debido a la venta de algunos de los productos mencionados.

Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue determinar las cantidades de leña y madera extraídas por los pobladores de las localidades ubicadas dentro del área de influencia del PNNT.

El Parque Nacional Nevado Toluca, importante área protegida con cerca de 54,000 hectáreas, está cubierto por extensos bosques de coníferas (pino y oyamel) y latifoliadas (aile y encino). Se ubica a 22 km al suroeste de la ciudad de Toluca, entre 8° 59' y 19° 13' de latitud norte y los 99° 37' y 99° 58' de longitud oeste. Dentro sus límites se localizan 24 comunidades (Figura 1).

El estudio comprendió cuatro etapas: elección de especies forestales, porcentajes de extracción en el bosque, selección de localidades de estudio y encuestas orientadas a la extracción de leña.

poverty (Serrano, 2002). Therefore, the exploitation of forest resources will have to take into account the need to satisfy the basic requirements and financial benefits of communities, in a way that does not exceed the productivity levels and sustains the production capacity of the ecosystem, within the frame of sustainable development.

The Nevado de Toluca National Park (PNNT) has experienced an overexploitation of its timber forest resources, as is demonstrated by the loss of over 50% of its original vegetation cover, since its decree in 1936 (GEM, 1999). Moreover, selective cutting for commercial purposes, land use changes induced by the local population and the presence of plagues and wildfires have greatly contributed to the forest deterioration (Franco *et al.*, 2006; Endara, 2007). Since there are 23 localities within the park and several others in the surroundings, it makes sense that human settlements and the great number of both federal and state governmental authorities in charge of forest management (CONANP, CEPANAF, CONAFOR, SEMARNAT, PROBOSQUE) become a serious problem when making decisions (Vargas, 1997).

The PNNT supplies its inhabitants with firewood, timber and non-timber forest products, such as *perilla*, moss and edible wild mushrooms. The sale of some of these products makes an excellent source of financial income.

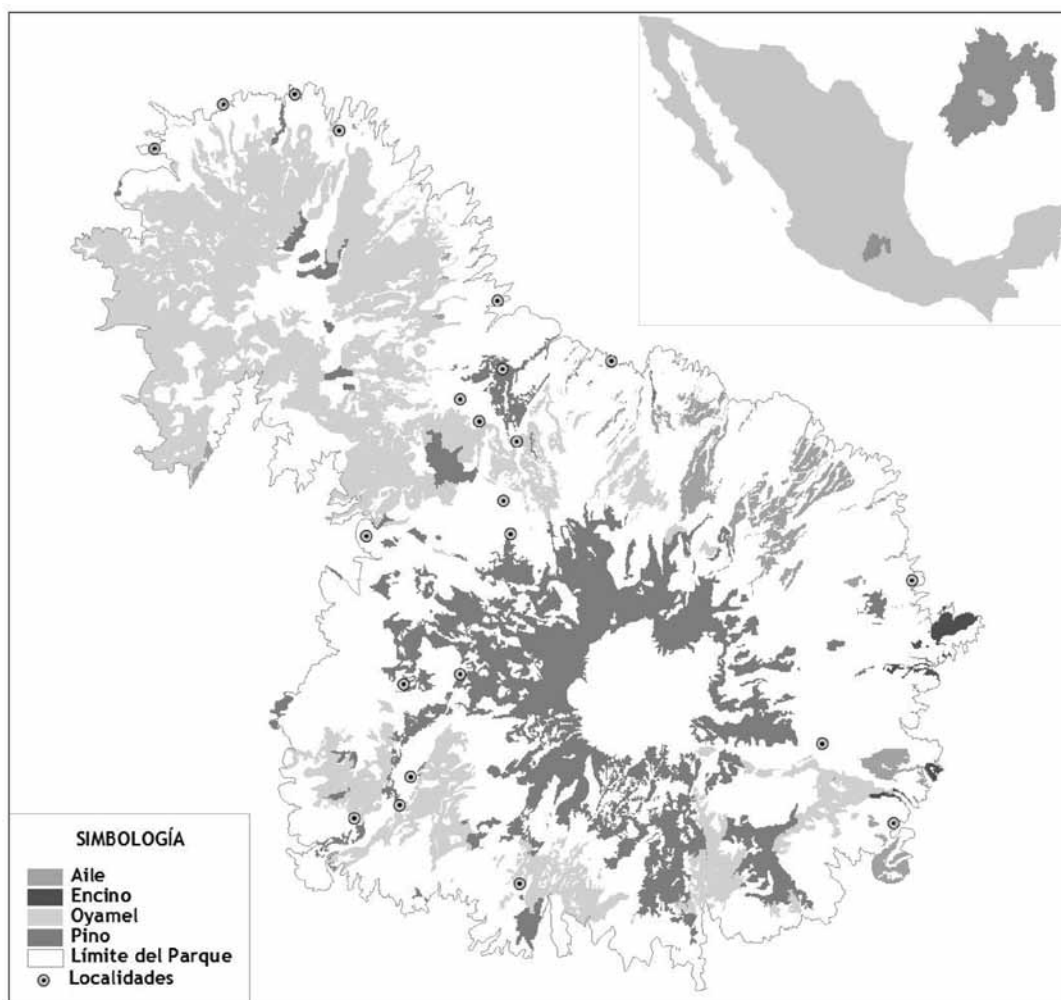
Therefore, the purpose of this research was to determine the amounts of firewood and timber extracted by the inhabitants of the localities within the PNNT's area of influence.

The Nevado de Toluca National Park, important protected area that comprises around 54,000 ha, is covered by wide coniferous forests (pine and fir) and broad-leaved forests (oak and alder). It is located 22 km southwest of Toluca city, between 8° 59' and 19° 13' N latitude, and between 99° 37' and 99° 58' W longitude. There are 24 communities within its limits (Figure 1).

The study comprised four stages: selection of forest species, extraction percentages within the forest, selection of localities of study, and surveys directed towards firewood extraction.

Selection of forest species

Dense populations (considered to have the best degree of conservation) of the main species: pine (*Pinus hartwegii* Lindl.), fir (*Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. *et* Cham), alder (*Alnus jorullensis* Kunth) and oak (*Quercus laurina* Humb. *et* Bonpl.) were identified in the field. Oak develops in mixed forests, but its relative abundance exceeds 95%. Then, surfaces of continuous forest of over 10 ha were selected through random sampling for the installation of sites.



Fuente: Regil (2005)

Source: Regil (2005)

Figura 1. Ubicación del área del Parque Nacional Nevado de Toluca.

Figure 1. Location of the area of the Nevado de Toluca National Park.

Elección de especies forestales

Se identificaron en campo poblaciones densas (se considera tienen el mejor grado de conservación) de las principales especies: pino (*Pinus hartwegii* Lindl.), oyamel (*Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. et Cham, aile (*Alnus jorullensis* Kunth) y encino (*Quercus laurina* Humb. et Bonpl.), este último se desarrolla en bosques mixtos; sin embargo, su abundancia relativa supera 95%. A continuación, mediante un muestreo aleatorio, se seleccionaron superficies de bosque continuo mayores a 10 hectáreas para la instalación de los sitios.

Extraction percentages

Following the method described by Villavicencio y Valdez (2003), we set 30 sampling parcels of 20 X 50 m as follows: pine (10), fir (10), alder (5) and oak (5). For registering forestry information, all standing trees with a diameter at breast height (DAP) of over 2.5 cm were measured, and so were the basal diameters of stumps.

For calculating the extraction volumes, the height of trees was estimated, based on a simple linear regression model of standing individuals (diameter-commercial height), using the following equations:

Porcentajes de extracción

De acuerdo al método de Villavicencio y Valdez (2003) se establecieron 30 sitios de muestreo de 20 x 50 m: pino (10), oyamel (10), aile (5) y encino (5). Para la recolección de la información dasonómica, se midieron todos los árboles en pie mayores a 2.5 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP); así como los diámetros basales de los tocones.

Para el cálculo de los volúmenes de extracción se estimaron las alturas de los árboles con base en un modelo de regresión lineal simple de los árboles en pie (diámetro-altura comercial), en el cual se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}\text{Aile} & y = 0.1393x + 2.9486 \\ \text{Encino} & y = 0.1878x + 3.7087 \\ \text{Oyamel} & y = 0.4927x + 5.5742 \\ \text{Pino} & y = 0.3738x + 1.3815\end{aligned}$$

Donde:

$$\begin{aligned}y &= \text{Altura estimada} \\ x &= \text{Diámetro basal}\end{aligned}$$

Selección de las localidades de estudio

Se identificaron aquellas que pudieran tener paso a los sitios de muestreo y se consideró su acceso y cercanía al bosque, para lo cual se tomaron en cuenta las carreteras pavimentadas y de terracería, los senderos para animales, además de las posibles vías de extracción.

De esta manera, se eligieron cinco localidades para la aplicación de encuestas: Agua Blanca, Calimaya, Raíces, San Miguel Oxtotilpan y Santiago Tlacotepec; donde también se ubicaron informantes clave en los recorridos en campo.

Encuestas orientadas a la extracción de leña

Las técnicas de investigación son un conjunto de métodos, operaciones o procedimientos específicos que guían la construcción y el manejo de los instrumentos de recolección y el análisis de datos (Rojas, 1989). Así, aquellas propias de la indagación social son parte instrumental de la metodología de la investigación que permite conseguir un propósito específico (Quiroz, 2003).

En este sentido, se aplicaron encuestas dirigidas a los habitantes de las localidades seleccionadas y entrevistas, estructuradas de manera previa, a informantes clave conocedores de la historia de la comunidad (Rojas, 1989).

$$\begin{aligned}\text{Alder} & y = 0.1393x + 2.9486 \\ \text{Oak} & y = 0.1878x + 3.7087 \\ \text{Fir} & y = 0.4927x + 5.5742 \\ \text{Pine} & y = 0.3738x + 1.3815\end{aligned}$$

Where:

$$\begin{aligned}y &= \text{Estimated height} \\ x &= \text{Basal diameter}\end{aligned}$$

Selection of localities of study

The localities that had access to the sampling sites were identified and their access and closeness to the forest were considered. Thus, we took into consideration asphalted roads, rough dirt tracks, animal trails, as well as the possible skid trails. Consequently, five localities were chosen for the application of surveys: Agua Blanca, Calimaya, Raíces, San Miguel Oxtotilpan and Santiago Tlacotepec. Key informers from such localities were also located in the field routes.

Surveys directed towards firewood extraction

Research techniques are a set of specific methods, operations or procedures that guide the construction and management of sampling instruments and data analysis (Rojas, 1989). Therefore, those pertaining to social research are an instrumental part of the research methodology for achieving specific purposes (Quiroz, 2003).

In that sense, surveys were applied to the inhabitants of the selected localities and previously structured interviews made to the key informants, who were familiar with the history of the community (Rojas, 1989).

According to INEGI (2000), it has been estimated that 62% of households from the communities in the park use firewood as fuel; therefore, surveys were structured to obtain information regarding the species used, the approximate extraction values, other uses and the necessary diameters of each.

The calculation of extraction volume made by the communities was determined as follows: a) the load of firewood of each species was weighed, using a Perton Profesional 50 kg roman type hand scale ; b) timber density was obtained by weighing 10 cm cubes of each species; c) firewood extraction frequency per household was estimated.

Once the volumes had been calculated, they were multiplied by the number of households that used the resource, which resulted in the total firewood extraction in the PNNT. Obtaining the information directly in the forest allowed to determine the tree density of each specie and its diametric

De acuerdo al INEGI (2000), se estima que 62% de las viviendas de las comunidades del parque utilizan leña como combustible, por tanto, las encuestas se dirigieron a obtener información sobre las especies empleadas, los volúmenes aproximados de extracción, otros usos y los diámetros requeridos para cada uno.

El cálculo de volumen de extracción hecho por las comunidades se determinó mediante el siguiente procedimiento: a) se pesó la carga de leña por especie, con una báscula de tipo romana de mano Perton Profesional de 50 kg; b) la densidad de la madera se obtuvo al pesarse cubos de 10 cm de cada especie; c) se estimó la frecuencia de extracción de leña por vivienda.

Una vez calculados los volúmenes, se multiplicaron por el número de viviendas que utilizaban el recurso, lo que dio como resultado la extracción total de leña en el PNNT. El levantamiento de la información en el bosque permitió fijar la densidad del arbolado por especie y categoría diamétrica; además de sus respectivos porcentajes de extracción, los cuales, junto con el número de tocones en el bosque, indican la preferencia por obtener individuos de categorías menores (5 a 30 cm de DAP) de oyamel y encino, utilizados como leña; así como diámetros mayores de pino, oyamel y encino empleados para mueblería, elaboración de carbón y madera de construcción, respectivamente. Cabe destacar que para el estudio no se tomaron en cuenta las especies arbustivas, que también sirven como leña.

El tipo de extracción está en función de la disponibilidad de herramientas de corta y la forma de traslado del material; así, 80% de los árboles para leña son cortados con hacha, razón por la que resultaría difícil derribar un árbol de mayor tamaño, y su traslado se realiza con animales de tracción como burros y mulas.

category, as well as its respective extraction per cent, which, along with the number of stumps in the forest, indicate the preference for obtaining fir and oak individuals from lower categories (5 to 30 cm of DBH) for firewood, and higher diameters of pine, fir and oak for furniture, coal production and construction timber, respectively. Shrub species were considered in this study, even though they are also used as fuel.

The type of extraction depends on the cutting tools available and the forms of moving the material. Thus, 80% of trees for firewood are cut with axes, which would make it difficult to cut larger trees, and are transported using working animals, such as donkeys and mules.

Table 1 partially explains the decrease of tree density in the pine forest (Villers *et al.*, 1998; Franco *et al.*, 2006; Endara, 2007). However, fir firewood extraction does not influence the reduction of its forest surfaces, which coincides with the data consigned by Franco *et al.* (2006). Villers *et al.* (1998) estimate a density of 790 ha (perimeter of individuals > 0.15 m at breast height), whereas the present study has registered 536 ha with the same values. This suggests that, even though surfaces seem unaffected when pictured from a satellite, from the sky or orthophotographed, if the tree density is actually considered as a comparison parameter, a decrease of 32% is observed. From this, it can be inferred that extraction in fir forests promotes a decrease of its population density.

Since oak is of excellent quality for producing firewood and coal, its extraction per cent is quite high (Romero, 1982). Its vegetative reproduction (60% of grown individuals come from stumps) is an important factor for reducing the effect of such extraction.

Alder forests experienced a small amount of extraction of individuals, since its timber is usually put to more crafty uses,

Cuadro 1. Densidad del arbolado, tocones y volumen por hectárea.

Table 1. Tree and stump density, and volume per hectare.

Tipo de bosque	Clase diamétrica (cm)	Cantidad de árboles en pie	Cantidad de árboles extraídos	Porcentaje de árboles extraídos	Volumen de árboles en pie (m ³ ha ⁻¹)	Volumen extraído (m ³ ha ⁻¹)	Porcentaje de volumen extraído
Pino	5 a 30	246	22	8	22.31	5.58	20.01
	> 35	90	21	19	231.99	95.43	29.15
Oyamel	5 a 30	418	256	38	78.31	53.53	40.60
	> 35	219	15	6	963.25	75.62	7.28
Aile	5 a 30	496	24	5	32.94	2.84	7.94
	> 35	76	4	3	74.80	2.38	3.08
Encino	5 a 30	702	288	29	68.96	40.32	36.90
	> 35	56	26	31	48.50	26.20	35.07

El Cuadro 1 explica, en parte, la reducción en la densidad del arbolado en el bosque de pino (Villers et al., 1998; Franco et al., 2006; Endara, 2007). No obstante, la extracción de leña de oyamel no influye en la disminución de sus superficies forestales, lo que coincide con Franco et al. (2006). Sin embargo, Villers et al. (1998) estiman una densidad de 790 ha (individuos > a 0.15 m de perímetro a la altura de pecho); mientras que, en el presente estudio se registran 536 ha bajo los mismos valores de medición. Esto sugiere que, si bien, las superficies no parecen afectadas cuando se usan imágenes de satélite, fotografías aéreas y ortofotos, si se toma en cuenta la densidad del arbolado como parámetro de comparación, se observa una reducción del 32%, de lo cual se puede inferir que la extracción, en el bosque de oyamel, favorece la disminución en la densidad de sus poblaciones.

Los porcentajes elevados de extracción en el encinar obedecen a su alta calidad como leña y carbón (Romero, 1982). Su reproducción vegetativa (60% de los individuos maduros provienen de rebrotes a partir de árboles cortados) es un factor importante para reducir el efecto de dicha extracción.

El bosque de aile presenta una escasa cantidad de individuos extraídos, dado que su uso tiene más fines artesanales, lo que contribuye al incremento de sus superficies debido, en gran parte, a la fragmentación de los bosques de pino y encino y al abandono de tierras de cultivo. Aunque, también se relaciona con la sucesión natural de los ecosistemas, ya que al ser una especie fijadora de nitrógeno ayuda a restablecer la vegetación original, a través de la regeneración paulatina de estos bosques (Kumar y Ram, 2005).

Los volúmenes de extracción que se identifican a partir de las encuestas (Cuadro 2) demuestran los múltiples usos de cada taxón, así como la necesidad y dependencia del recurso por parte de los pobladores. Los resultados coinciden con los volúmenes obtenidos en campo, ya que las especies forestales con mayor demanda son el oyamel y el encino.

which has contributed to the increase of their surfaces. This is greatly due to the fragmentation of pine and oak forests, and to the abandonment of crop lands. Moreover, it is also related to the natural succession of ecosystems, because it is a species that fixates nitrogen and thus helps reestablish the original vegetation, through gradual regeneration (Kumar y Ram, 2005).

The extraction volumes identified in the surveys (Table 2) show the multiple uses given to each taxon, and reflect how much the inhabitants need and depend on the resource. The results correspond with the volumes obtained in the field, considering that the most demanded species are fir and oak.

The localities situated above the park's elevation above sea level (3,000 masl) (INEGI, 2000) that use firewood as the main fuel for cooking are recorded in Table 3, which also includes the extraction volumes.

The volumes of timber extracted from fir forests (*Abies religiosa*) are the highest in the park, which is linked to their incidence, multiple use and closeness to the localities. This situation could cause the decrease in their population density, which is more evident in pine forests (*Pinus hartwegii*), due to the timber extraction for commercial purposes and the frequency of induced fires for benefiting forage grass. Thus, both variables contribute to the gradual decrease of trees and to the fragmentation of the temperate forest in the PNNT.

If the extracted volume is compared to the potential volume, it is evident that firewood and timber extraction for the production of coal from oak (*Quercus laurina*) affects individuals of all diametric classes. If the remaining little dense surfaces are also taken into account (Table 4), the risk at medium-term is the displacement of oak by fast growing species, especially alders (*Alnus jorullensis*) and other shrubs.

Cuadro 2. Relación uso y extracción en las localidades.

Table 2. Use/extraction relation among communities.

Tipo de Bosque	Uso / diámetros (cm)	Peso de una carga (kg)	Densidad de la madera kg m ⁻³	Número de cargas extraídas mes / vivienda	Volumen de extracción mes / vivienda (m ³)
Pino	Leña (5 a 30)	70	488.2	4	0.6
	Madera (> 35)				
Oyamel	Leña (5 a 30)	70	461.9	8	1.2
	Madera (> 35)				
Aile	Leña (5 a 30)	60	403.2	2	0.3
	Madera (> 35)				
Encino	Leña (5 a 30)	140	680.8	8	1.6
	Madera (> 35)				

Cuadro 3. Extracción de leña en el Parque Nacional Nevado Toluca.
Table 3. Timber extraction in the Nevado de Toluca National Park.

Municipio	Localidad	Población Total	Viviendas habitadas	Viviendas que cocinan con leña	Recurso utilizado	Volumen de Extracción Oyamel (mes)	Volumen de Extracción de Pino (mes)	Volumen de Extracción de Encino (mes)	Volumen de Extracción de Aile (mes)
Almoloya de Juárez	Dilatada Sur (dilatada)	1,452	273	240	Oyamel, Pino	288	144		
Almoloya de Juárez	Rosa Morada	364	82	67	Oyamel, Pino	80.4	40.2		
Amanalco	El Capulín Tercera Sección (Palo Mancornado)	461	95	86	Oyamel, Pino	103.2	51.6		
Amanalco	Huacal Viejo	209	41	39	Oyamel, Pino	46.8	23.4		
Calimaya	El Baldío Amarillo	14	3	2	Pino, Encino, Aile		1.2	3.2	0.6
Calimaya	Las Jarillas	415	81	68	Pino, Encino, Aile		40.8	108.8	20.4
Coatepec Harinas	Las Jaras	112	19	19	Oyamel, Pino	22.8	11.4		
Temascaltepec	La Loba	13	3	3	Oyamel, Pino	3.6	1.8		
Temascaltepec	El Varal	55	11	9	Oyamel, Pino	10.8	5.4		
Tenango del Valle	Colonia San Román (El Llano)	177	33	31	Pino, Encino, Oyamel	37.2	18.6	49.6	
Tenango del Valle	San Juan Tepehuísco	83	15	13	Pino, Encino, Oyamel	15.6	7.8	20.8	
Zinacantepec	El Capulín	22	5	3	Oyamel, Pino	3.6	1.8		
Zinacantepec	Agua Blanca Ejido de Santa María del Monte	77	13	9	Oyamel, Pino	10.8	5.4		
Zinacantepec	Buenavista	461	94	82	Oyamel, Pino	98.4	49.2		
Zinacantepec	Cerro Gordo (El Gachupín)	16	3	3	Oyamel, Pino	3.6	1.8		
Zinacantepec	El Contadero de Matamoros (San José)	1,504	324	112	Oyamel, Pino	134.4	67.2		
Zinacantepec	Cruz Colorada	34	8	6	Oyamel, Pino	7.2	3.6		
Zinacantepec	Dos Caminos (Crucero de la Puerta)	26	5	1	Oyamel, Pino	1.2	0.6		
Zinacantepec	La Lima	350	64	57	Oyamel, Pino	68.4	34.2		
Zinacantepec	Loma Alta	512	104	95	Oyamel, Pino	114	57		
Zinacantepec	Ojo de Agua	1,711	396	39	Oyamel, Pino	46.8	23.4		
Zinacantepec	La Peñuela	577	113	107	Oyamel, Pino	128.4	64.2		
Zinacantepec	La Puerta del Monte (La Puerta)	212	42	38	Oyamel, Pino	45.6	22.8		
Zinacantepec	Raíces	544	110	78	Oyamel, Pino	93.6	46.8		
Totales		9,401	1,937	1,207		1,364	724	182	21
						16,372.8	8,690.4	2,188.8	252

Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2000.

Source: INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2000.

Las localidades situadas por arriba de la cota 3,000 msnm del Parque (INEGI, 2000), y que emplean la leña como principal combustible para cocinar se consignan en el Cuadro 3, en el que además se incluyen los volúmenes de extracción.

Finally, in any case the extraction volumes of firewood exploited by the *comuneros* reached the amounts estimated in the field, which suggests that such activity is altered by other factors different from personal consumption, such as

Cuadro 4. Volumen de extracción por superficies y tipo de bosque.

Table 4. Extraction volume by surface and forest type.

Tipo de Bosque	Clase diamétrica (cm)	Volumen de árboles en pie ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)	Volumen extraído ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)	Superficie (ha)	Volumen potencial	Volumen extraído en bosque	Volumen anual extraído por los comuneros
Pino	5 a 30	22.31	5.58	7,783	173,639	43,429	8,690.40
	> 35	231.99	95.43		1,805,578	742,732	
Oyamel	5 a 30	78.31	53.53	11,795	923,666	631,386	16,372.80
	> 35	963.25	75.62		11,361,534	891,938	
Aile	5 a 30	32.94	2.84	1,315	43,316	3,735	252.00
	> 35	74.80	2.38		98,362	3,130	
Encino	5 a 30	68.96	40.32	200	13,792	8,064	2,188.80
	> 35	48.50	26.20		9,700	5,240	

Los volúmenes de leña que se extraen del bosque de oyamel (*Abies religiosa*), son los más altos en el parque, lo cual se vincula con su mayor presencia, múltiple uso y cercanía con las localidades, situación que podría favorecer la reducción de las densidades de sus poblaciones. Dicho descenso es más evidente en el bosque de pino (*Pinus hartwegii*) debido a la extracción de madera con fines comerciales y a la frecuencia de incendios inducidos para beneficiar al pastoreo. Así, estas dos variables contribuyen a la disminución gradual del arbolado y a la fragmentación del bosque templado en el PNNT.

Si se compara el volumen extraído con el volumen potencial, se observa que la extracción de leña y madera para la elaboración de carbón de encino (*Quercus laurina*) afectan a individuos de todas las clases diamétricas y, si se consideran las pequeñas superficies densas que aún quedan de este taxa (Cuadro 4), el riesgo a mediano plazo es el desplazamiento del encino por especies de rápido crecimiento, en particular el aile (*Alnus jorullensis*) y otros arbustos.

Por último, en ningún caso los volúmenes de extracción de leña aprovechados por los comuneros alcanzaron las cantidades estimadas en campo, lo cual sugiere que dicha actividad es afectada por otros factores ajenos al simple autoconsumo, como sería la venta del recurso por un número reducido de familias y algunos intermediarios.

La leña utilizada en el autoconsumo no significa una amenaza para la conservación del recurso forestal; sin embargo, lo es cuando esta se destina a la venta, ya que se incrementan los volúmenes de extracción. Por otro lado, el empleo de la

the sale of the resource by a small number of families and some intermediaries.

Firewood for personal consumption does not pose a threat to the conservation of forest resources; however, it does when it is sold, since extraction volumes increase. Moreover, using timber for commercial uses (furniture, coal, construction, poles, etc.) implies felling large trees (diameter > 35 cm and height > 20 m), which is not performed under a controlled management system. That is why its effect on the forest ecosystem is higher, since the damage caused many times is irreversible.

End of the English version

madera con fines comerciales (mueblería, carbón, construcción, postes, etc.) implica la tala de árboles de gran tamaño (diámetros > 35 cm y alturas > a 20 m), misma que no sigue un sistema de manejo controlado, por lo que su efecto es mayor en el ecosistema forestal; porque el daño provocado muchas veces es irreversible. 

REFERENCIAS

- Acuña M., O. 2006. El aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. Un reto en el ámbito internacional. *Ra Ximhai*. 2 (3):877-885.
- Alfie C., M. y L. Méndez. 2000. Deterioro ambiental y movimientos sociales en Ciudad Juárez y Matamoros. *Similitudes y Diferencias. El Cotidiano*. 101 (16):40-54.
- Berkes, S. F. 1999. Role and significance tradition in indigenous knowledge. *Indigenous Knowledge and Development Monitor*. 7 (1):19.
- Brandon, K. 1998. Perils to parks: the social context of threats. In: Brandon, K., K. H. Redford and S. E. Sanderson. (Eds.). *Parks in Peril: People, Politics, and Protected Areas*. Island Press. Washington, DC. USA. 519 p.
- Endara A., A. R. 2007. Estructura forestal de *Pinus hartwegii* en el Parque Nacional Nevado de Toluca. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias y Rurales. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Edo. de Méx. México. 76 p.
- Espejel R., A., I. González y E. Perón. 2004. El índice de deterioro ambiental en los municipios de Tlaxcala: una propuesta metodológica. *Gaceta Ecológica*. 70: 19-30.
- Franco M., S., H. H. Regil y J. A. Ordoñez. 2006. Dinámica de perturbación-recuperación de las zonas forestales en el Parque Nacional Nevado de Toluca. *Madera y Bosques*. 12 (1):17-28.
- Gobierno del Estado de México (GEM). 1999. Programa de manejo del Parque Nacional Nevado de Toluca. Toluca, Edo de Méx. México. 106 p.
- González R., J. 1993. Santa Catarina del Monte: Bosques y Hongos. Colección Tepetlaoxtoc. Universidad Iberoamericana. México, D. F., México. 115 p.
- Juan P., J. I. 2007. Multifuncionalidad de los Sistemas de Barrancas en México: Análisis Geográfico, Ecológico y Cultural. Editorial Dunken. Buenos Aires, Argentina. pp. 37-41.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) 2000. XII Censo General de Población y Vivienda. Edo. de Méx. México. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2000/default.aspx> (junio de 2010).
- Kramer, R. A., C. Shaik and J. Johnson. 1997. Last stand: protected areas and the defense of tropical biodiversity. Oxford University Press. New York, NY. USA. 242 p.
- Kumar A. and J. Ram. 2005. Anthropogenic disturbances and plant biodiversity in forests of Uttaranchal. *Central Himalaya. Biodiversity Conservation*. 14(2): 309-331.
- Merino, L. y M. Hernández. 2004. Destrucción de instituciones comunitarias y deterioro de los bosques en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, Michoacán, México, *Revista Mexicana de Sociología*. 66 (2):261-309.
- Pérez V., G. 2006. Los recursos forestales maderables y el desarrollo social y económico en el estado de Durango. *Madera y Bosques*. 12 (1):3-15.
- Quiroz M., E. 2003. Hacia una didáctica de la investigación. Ediciones Castillo. México, D. F. México. 23 p.
- Regil G., H. H. 2005. Análisis del cambio de uso de suelo y vegetación para la obtención de la dinámica de perturbación-recuperación de las zonas forestales en el Parque Nacional Nevado de Toluca 1972-2000. Tesis de Licenciatura. Facultad de Geografía. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Edo. de Méx. México. 137 p.
- Rojas S., R. 1989. Investigación social teoría y praxis. Editorial Plaza y Valdés. México, D. F. México. 178 p.
- Romero, M. 1982. El Género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F., México. 120 p.
- Roncal G., S. M., L. Soto, J. Castellanos, N. Ramírez y B. de Jong. 2008. Sistemas agroforestales y almacenamiento de carbono en comunidades indígenas de Chiapas, México. *Interciencia*. 33 (3):200-206.
- Schelhas, J. 1992. Socio-economic and biological analysis for buffer zone establishment. In: Willison, J. H. M., S. Bondrup N., C. Drysdale, T. B. Herman, N. W. P. Munro and T. L. Pollock. (Eds.). *Science and the Management of Protected Areas*. Elsevier. Amsterdam, Netherlands. pp. 163-169.
- Serrano G., E. 2002. Contribución al conocimiento del México forestal. *Notas. Revista de Información y análisis*. 22:7-14.
- Valle R., S. 2006. Las Áreas Naturales Protegidas en México. Un ejemplo de propuesta de gestión de un Área protegida y plan de manejo en "La Sierra de Monte Escobedo" (Zacatecas, México). Tesis doctoral. Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental. Universidad Autónoma de Barcelona. España. 234 p.
- Vargas M., F. 1997. Parques Nacionales de México. Vol. I: Zonas Centro, Occidente y Oriente. Instituto Nacional de Ecología - SEMARNAP. México, D. F. México. 267 p.
- Villavicencio E., L. y J. I. Valdez H. 2003. Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal rusticano de café en San Miguel, Veracruz, México. *Agrociencia* 37 (4):413-423.
- Villers R., L., I. García del V. y J. López B. 1998. Evaluación de los bosques templados en México: una aplicación en el parque nacional Nevado de Toluca. *Investigaciones Geográficas*. 36:7-21.