



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES**

**EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES
HIDROLÓGICOS EN EL PARQUE NACIONAL NEVADO DE TOLUCA**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES**

PRESENTA:

CARLOS RUBÉN AGUILAR GÓMEZ

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Enero 2014.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES**

**EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES
HIDROLÓGICOS EN EL PARQUE NACIONAL NEVADO DE TOLUCA**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES**

PRESENTA:

L. EN C. A. CARLOS RUBÉN AGUILAR GÓMEZ

COMITÉ DE TUTORES:

Dra. Tizbe Teresa Arteaga Reyes. Tutor Académico

Dr. Sergio Franco Maass. Tutor Adjunto

Dr.. Graham Woodgate. Tutor adjunto

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Enero 2014.

Resumen

La constante presión antrópica hacia los recursos naturales, con el objetivo de satisfacer las necesidades humanas, ha ocasionado problemáticas ambientales en distintas partes de la biosfera. No obstante, existen acciones que tratan de mitigar o reducir los impactos a través de operaciones de conservación, tal es el caso del Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) que se aplica en las zonas donde existe población que es dueña de distintos ambientes. Un ejemplo de esto es el Parque Nacional Nevado de Toluca, el cual por su importancia ecosistémica, social, cultural y económica representa uno de los bastiones ambientales más importantes del Estado de México en donde opera el Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos de la Protectora de Bosques (PROBOSQUE). Éste contempla distintos objetivos relacionados con la conservación forestal y suelo, además un pago por hectárea conservada. La finalidad de la presente investigación fue evaluar la eficacia de dicho programa para determinar si realmente cumple con los objetivos planteados. El presente trabajo se apoya en metodologías de conservación forestal para conocer el grado del daño que presentan los bosques de las cinco comunidades seleccionadas mediante sus estructuras y la aplicación de la Evaluación Multicriterio para identificar en qué tipo de tenencia de la tierra están mejor conservados sus bosques. Se determinaron los puntos de muestreo mediante un muestreo aleatorio estratificado en racimos y se realizaron visitas a las comunidades previamente seleccionadas. Resultados de la presente investigación demuestran que la conservación forestal se encuentra en buen estado y con menor impacto en los bosques de Oyamel (*Abies Religiosa*), seguidos por los bosques de Pino (*Pinus Hartegii*), Pino-Encino (*Pinus-Quercus*), Oyamel-Encino (*Abies-Quercus*), bosque mixto predominando Encino (*Quercus sp.*), y menor grado de conservación Encino (*Quercus sp.*) y Aile (*Alnus sp.*). Las comunidades que participan en el PSAH tienen las mismas oportunidades; no obstante, la Evaluación Multicriterio demostró que los Ejidos tienen los bosques con mayor grado de conservación que la Propiedad Privada y, a su vez, estos dos en mejor grado de conservación que en los Bienes Comunes.

Abstract

Constant anthropic pressure on natural resources, with the objective of satisfying human needs has caused environmental problems in different parts of the biosphere. Nonetheless, there are actions that try to mitigate or to reduce impacts throughout conservation activities such as Payment for Hydrological Environmental Services (PHES) that are applied in areas where there is population owners of diverse environments. An example is the National Park Nevado of Toluca, which due to its ecosystem, social, cultural and economic significance represents one of the most important environmental bastions in the State of Mexico and where it has been operating the PHES programme of PROBOSQUE (Spanish acronym for Forest Protection Agency). This considers different objectives related to forests and soils conservation, as well as a payment per conserved hectare. The aim of the current research was to evaluate the efficiency of such programme to determine whether it achieve its established objectives. Current work is supported in methodologies of forests conservation to know the extent of damage in forests of the five selected communities throughout forests structures and the use of Multicriteria Evaluation to identify in which type of land tenure they are better conserved. Sampling points were determined with a stratified random sampling in branches and field visits to previously selected communities were carried out. Results of current research showed that there is a good status of forests conservation and with a lesser impact in forest of fir (*Abies Religiosa*), followed by Pine (*Pinus Hartegii*), Pine-Oak (*Pinus-Quercus*), Fir-Oak (*Abies-Quercus*), mixed forest where is predominant Oak (*Quercus sp.*), and to a lesser degree of conservation Oak (*Quercus sp.*) and Alder (*Alnus sp.*). Communities participating in the PHES programme have same opportunities; nonetheless, Multicriteria Evaluation proved that *Ejidors* have forests with a greater degree of conservation than those in Private Property, and in due time, both of this better extent of conservation than *Bienes Comunales*.

Dedicatoria

A mis padres, mi guía y mis cimientos

A mi abuelito, te extraño mucho

A Laura...

Agradecimientos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para realizar mis estudios de posgrado.

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT).

A la Universidad Autónoma del Estado de México por los apoyos otorgados a lo largo del desarrollo de la tesis de maestría a través de los proyectos intitulados “Percepción de las comunidades locales de los servicios ambientales para la captura de carbono en el Parque Nacional Nevado de Toluca”, México Clave: PROMEP/103.5/10/4368, “Mapeo de valores comunitarios en México y el Norte de Texas y evaluación de pago por servicios ambientales hidrológicos en el Parque Nacional Nevado de Toluca”, México Clave: 3138/FS2012 y “Proyecto Red Ibero-Latinoamericana para el aprovechamiento y conservación de recursos bióticos (RILACREB) intituloado “Aprovechamiento y Protección del Conocimiento etnobotánico tradicional y de la Agrodiversidad: estudios de caso zona centro del Estado de Veracruz y Parque Nacional Nevado de Toluca”.

Al Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, por las facilidades brindadas para la realización de este trabajo de investigación, así como al personal del Instituto.

A la Dra. Tizbe Teresa Arteaga Reyes por la confianza depositada en mí, su tolerancia y amistad, sin su apoyo no estaría aquí, muchas gracias.

Al Dr. Sergio Franco Maass, por compartir su conocimiento y sus comentarios para el desarrollo de mi trabajo.

Al Dr. Graham Googate por sus comentarios y revisiones para la mejora de mi proyecto de investigación.

Al Dr. Angel Rolando Endara Agramont por compartir sus conocimientos, el apoyo brindado para mi investigación y la motivación que me dio sin tener la obligación de hacerlo.

A los habitantes de las comunidades de Palo Seco, Agua Bendita, San Francisco Oxtotilpan, Calimaya y la propiedad privada de Tlaxipehualco.

A Alma Inés Sotero García, Alejandro Gómez Ahumada y Jacob Alarcón Montes por su apoyo diario en el trabajo de campo, así como a Mario Castañeda, José Luis López, Noé Hernández, Laura Millán, Carmen Hernández, Omar Miranda, Hugo Salazar, Martín Romero, Alan Reza.

Índice.

1. Introducción.....	1
2. Marco Teórico Conceptual.....	3
2.1. Desarrollo Sustentable.....	3
2.2. Bosques.....	4
2.3. Servicios Ambientales.....	4
2.4. Servicios Ambientales Hidrológicos.....	6
2.5. Pago por Servicios Ambientales.....	6
2.6. Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos.....	7
2.7. Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos del Estado de México.....	8
2.8. Evaluación de Programas.....	10
2.9. Evaluación Multicriterio.....	12
2.9.1. Proceso Analítico de Jerarquías (AHP).....	13
2.10. Metodología Social.....	14
2.10.1. Metodologías participativas.....	14
3. Justificación.....	15
3.1. Problema de Investigación.....	15
3.2. Objetivo general.....	16
4. Área de Estudio.....	17
5. Metodología.....	18

5.1. Selección de Comunidades.....	18
5.1.1. Continuidad.....	19
5.1.2. Porcentaje del área que participa en el programa con respecto a la comunidad.....	19
5.1.3. Total de la Población.....	19
5.1.4. Tenencia de la Tierra.....	20
5.1.5. Región.....	20
5.2. Acercamiento a las Comunidades.....	23
5.3. Muestreo.....	25
5.4. Evaluación Multicriterio.....	28
5.4.1. Creación de la Matriz.....	29
5.4.2. Estructura Jerárquica.....	31
6. Resultados.....	35
6.1. Artículo Científico.....	35
6.2. Evaluación Multicriterio.....	53
7. Discusión.....	54
8. Conclusiones.....	56
9. Referencias Bibliográficas.....	57
10. Anexos.....	61

Índice de cuadros

Cuadro 1. Indicadores en el proceso de evaluación.....	11
Cuadro 2. Escala de Intensidades.....	13
Cuadro 3. Intervalos de población.....	19
Cuadro 4. Comunidades del PSAH dentro de PNNT.....	21
Cuadro 5. Rangos de población y porcentaje de hectáreas que participan en el PSAH...22	
Cuadro 6. Números Aleatorios para los estratos de la muestra.....	28
Cuadro 7. Matriz para la evaluación Multicriterio.....	28
Cuadro 8. Matriz de Jerarquías.....	32
Cuadro 9. Matriz de jerarquías para asociaciones de bosques.....	33
Cuadro 10. Matriz de Criterios normalizados.....	33
Cuadro 11. Matriz de criterios ponderados.....	53
Cuadro 12. Orden de preferencia.....	53

Índice de Figuras

Figura. 1 Servicios Ambientales en el Ecosistema.....	5
Figura 2. Parque Nacional Nevado de Toluca.....	17
Figura 3. Continuidad de las localidades del PSAH en el PNNT.....	22
Figura 4. Delegaciones Regionales Forestales del Estado de México.....	23
Figura 5. Tríptico de presentación en las comunidades.....	25
Figura 6. Estructura Jerárquica.....	31

1. INTRODUCCIÓN

Los servicios ambientales surgieron a raíz de las constantes tareas por alcanzar un desarrollo sustentable que permita asegurar el futuro de la humanidad, tomando en cuenta distintas necesidades mediante carencias sociales económicas y ambientales, aplicándolos bajo esquemas de pago que son traducidos en programas (Parada, 2007 y Tejeda, 2004).

Estos programas se encuentran operando en todo el globo a través de los gobiernos en cada país, e incluso de organismos no gubernamentales que pretenden mediante estos esquemas, promover la conservación de distintos ecosistemas que contienen estos servicios, sin embargo existen problemáticas al momento de su aplicación, tanto intrínsecas como extrínsecas y que adquieren importancia, en especial cuando los resultados de dichos programas son a largo plazo (Wunder 2006).

En México existen programas enfocados principalmente a los servicios ambientales hidrológicos, en donde los dueños del bosque reciben un pago por conservarlo, con el objetivo de asegurar la producción de agua proveniente de éstos ecosistemas; el Estado de México a través de la Protectora de Bosques (PROBOSQUE), oferta un programa anual de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) bajo los mismos principios de los esquemas de pago internacionales, conteniendo en sus objetivos la protección de la masa forestal, la conservación de suelos y la retribución de un pago por hectárea conservada. Sin embargo la literatura consultada sugiere que fue creado sin contar con las bases suficientes para su aplicación y precisamente según Tejeda (2004), la falta de evaluación de programas en la mayoría de los casos propicia una mala aplicación de estos y algunos otros su desaparición.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Parque Nacional Nevado de Toluca (PNNT) el cual, es un área natural protegida desde 1936 y se ha identificado como una de las reservas naturales del Estado de México más importantes en cuanto a la producción de servicios, buscando evaluar la conservación de las masas forestales participantes en el PSAH de PROBOSQUE mediante metodologías para la obtención de la estructura forestal identificando estratos en distintos tipos de bosque, plagas y actividades antrópicas, así como las pendientes, erosión y las características encontradas a través de los distintos tipos de tenencia de la tierra utilizando Evaluación Multicriterio para conocer cuál tenía los bosques conservados y el acercamiento a las comunidades

para obtener información que pudiera traducirse en la evaluación, con el fin de obtener distintos valores cualitativos y cuantitativos que nos permitieran considerar un panorama más amplio de las cualidades del programa, las sociedad y los ecosistemas en conjunto.

2. MARCO TEORICO CONCEPTUAL

Para el desarrollo de la presente investigación fue necesario entender las definiciones existentes en los temas tratados, originando así distintas oportunidades de objetividad a la hora de su aplicación, y concretando los términos de acuerdo al orden estructural del propio trabajo.

2.1 Desarrollo Sustentable

En 1992 en la “Cumbre de Río de Janeiro” en donde se propone el termino desarrollo sustentable acuñado en 1987 con el Informe Bruntland, el cual de acuerdo al reporte de la Cumbre de la Tierra (UN, 2009) se pretende resolver mediante técnicas y estrategias el impacto producido, partiendo de principios y visiones que tienen como guía la sustentabilidad.

El Desarrollo Sustentable, en ocasiones denominado desarrollo sostenible, define la trayectoria y principios para promover el crecimiento económico articulado con el desarrollo social y el equilibrio ambiental, el significado establecido en 1987 siguiendo a la UN (2004) determina que éste asegura las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones, para enfrentarse a sus propias necesidades, esta definición se enfoca a la producción utilizando la mínima porción de recursos, tomando en cuenta tres ejes básicos: economía, sociedad y ambiente.

De acuerdo con López Geta y Rodríguez Hernández (2010), se establecen condiciones para este modelo las cuales son:

- Ningún recurso renovable deberá utilizarse a ritmo superior al de su regeneración.
- Ningún contaminante deberá ser producido a un ritmo superior al que pueda ser reciclado neutralizado o absorbido por el medio ambiente.
- Ningún recurso no renovable deberá aprovecharse a mayor velocidad de la necesaria para sustituirlo por un recurso renovable utilizado de manera sostenible.

De este tema han surgido distintas estrategias que permiten cumplir o lograr los objetivos del mismo tal es el caso de los Mecanismos de Desarrollo Limpio (CDM), los cuales pretenden minimizar el impacto de las actividades humanas a través de técnicas o aplicaciones más amigables con el medio ambiente según UN (2013).

2.2 Bosques

Los ecosistemas se definen como el conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico; mediante procesos como la depredación, el parasitismo, la competencia y la simbiosis, y con su ambiente al desintegrarse y volver a ser parte del ciclo de energía y de nutrientes. Las especies del ecosistema, incluyendo bacterias, hongos, plantas y animales dependen unas de otras. Las relaciones entre las especies y su medio, resultan en el flujo de materia y energía del ecosistema (CONABIO, 2012).

La FAO (2011), define a los bosques como uno de los depósitos más importantes de diversidad biológica terrestre. El conjunto de bosques tropicales, templados y boreales ofrece hábitats muy diversos para las plantas, los animales y los microorganismos. La diversidad biológica es la base de la amplia gama de bienes y servicios que los bosques proveen. La variedad de árboles y arbustos forestales desempeñan un papel decisivo en la vida diaria de las comunidades rurales de muchas zonas ya que estos son fuente de productos madereros y no madereros, contribuyen a la conservación de los suelos y las aguas y son depositarios de valores estéticos, éticos, culturales y religiosos.

Ordoñez *et al.* (2008), explican que el bosque tiene, entre otras funciones, la protección del suelo, cortinas rompevientos, regulación microclimática, y cerca de las grandes urbes sirve como pulmón urbano, la acción humana los ha destruido provocando un caos en los ecosistemas, y describe ciertas técnicas silvícolas para el manejo forestal. En general, los bosques se han asociado con diversos servicios ambientales al nivel de cuenca hidrológica, destacando entre otros la regulación de los flujos de agua, conservación de la calidad del agua, control de la erosión y sedimentación, reducción de la salinización del suelo/regulación del nivel freático, conservación de hábitats acuáticos (García *et al.*, 2005).

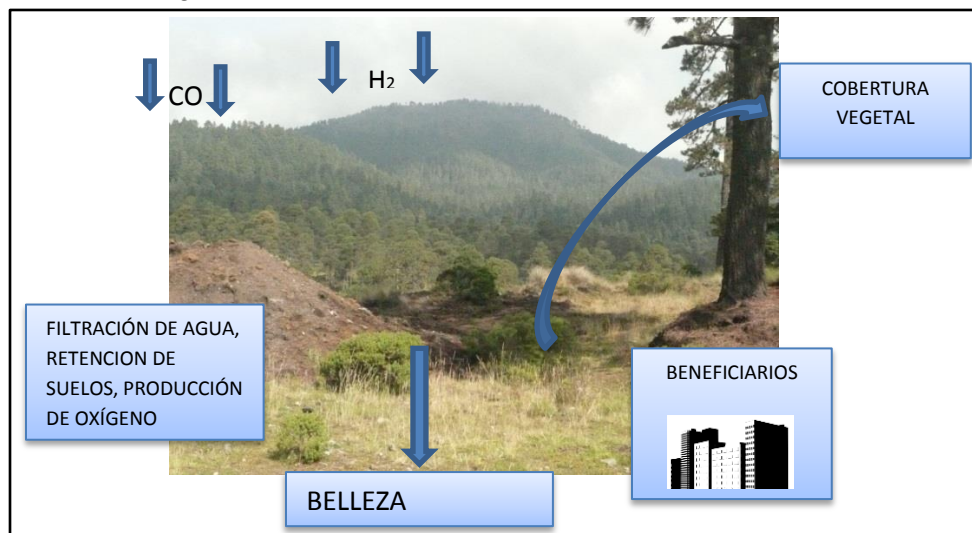
Como los conocemos nos dotan de diversos servicios tales como la filtración de agua para la recarga de mantos acuíferos, captura de carbono, conservación de la biodiversidad y la valoración del paisaje como belleza escénica (MEA, 2005), sin embargo, México tiene la quinta tasa de deforestación más grave del planeta (INE, 2010.).

2.3 Servicios Ambientales

Entre los servicios ambientales podemos encontrar hídricos, paisajísticos, captura de carbono, biodiversidad, suministro, regulación y servicios de base (MEA, 2005). Pretenden especificar la utilización de recursos naturales, en donde las características más importantes son el aprovechamiento y conservación de ecosistemas a partir de su valoración como productores de servicios necesarios para la subsistencia del ser humano y su significado deriva de distintos puntos de vista, incluso las propias instituciones generan definiciones que mejor los describan, sin embargo, estas dilucidaciones coinciden en la mayoría de los casos con características relacionadas a la economía, pobreza y el ambiente, este último es generador de dichos movimientos. El INE por ejemplo, manifiesta que los Servicios Ambientales se definen como todos aquellos beneficios que de los ecosistemas la población humana obtiene - directa e indirectamente - para su bienestar y desarrollo, Torres (2001), explica que los servicios ambientales son: todo aquel conjunto de condiciones y procesos naturales que la sociedad puede utilizar y que ofrecen las áreas naturales por su simple existencia. Sin embargo la definición de servicios ambientales lleva siempre a la utilización de los recursos tangibles o intangibles que se promueve como servicio de los ecosistemas. La CONAFOR describe que los servicios ambientales influyen directamente en el mantenimiento de la vida, generando beneficios y bienestar para las personas y las comunidades, de ahí distintas investigaciones en torno a este tema surgen como aportación a su conocimiento.

A continuación se presenta una imagen en donde se identifican los diferentes servicios ambientales que puede otorgar un ecosistema boscoso.

Figura. 1 Servicios Ambientales en el Ecosistema



Fuente: Elaboración propia

2.4 Servicios Ambientales Hidrológicos

Desde el punto de vista internacional los servicios ambientales hidrológicos se entienden como los beneficios que se obtienen a través de cuerpos de agua (Lagos, Lagunas, Humedales, Ríos, Ojos de Agua), sin embargo en México estos servicios se describen a partir de la producción de agua por un ecosistema terrestre, es decir se enfocan a la protección de zonas forestales y selvas, entendiendo que si estas se conservan la producción de éste líquido estará asegurada.

Los servicios Ambientales Hidrológicos se derivan de la necesidad de obtener y asegurar el agua como un líquido vital en donde el 0.1% del agua total del mundo es agua con potencial para el consumo humano y es indispensable. Se obtiene del ciclo hidrológico interactuando con los ecosistemas, en donde los bosques participan en estos servicios debido a su estructura y funcionamiento sistémico, además ocupan el 30% de la superficie y de estos dependen millones de personas, principalmente en países subdesarrollados (Ruiz *et al.*, 2007).

La producción de agua está implícita y la problemática hídrica es prioridad en esta línea de investigación, ya que es extraída de éstos ecosistemas como la fuente principal para su suministro debido a la recarga de mantos acuíferos que originan estas áreas.

2.5 Pago por Servicios Ambientales (PSA)

Los PSA son parte de un paradigma neoliberal de conservación más directo, además se han demostrado ventajas absolutas sobre enfoques tradicionales de conservación, Wunder (2006), explica que comparados con los Programas Integrales de Conservación y Desarrollo (PICD), los servicios ambientales son más efectivos en términos de costos aunque han sido poco probados, apuesta por la reforestación y la aforestación como los únicos que pueden recibir créditos de Carbono. Menciona que el PSA en cuestión de biodiversidad será políticamente aceptable cuando se compense una masa crítica de decisiones que beneficie la actividad que amenaza a la propia biodiversidad, y recomienda que sería bueno primero investigar las formas de pago que los pobladores prefieren, y que éstas deben negociarse por adelantado, además de la aplicación de estos programas debe existir una valoración económica de estos servicios, es decir, que se debe mostrar que tan importantes son para las sociedades y cuanto es lo que nos va a costar producir. Pérez *et al.* (2006), parten de las premisas del PSAH y proponen la

implementación de un esquema de pago basado en un marco conceptual tomando en cuenta factores como textura del suelo, pendiente, hidrología, clima, radiación solar, resaltando que la simulación de modelos ofrece ventajas para el PSAH, y su eficacia está en función de reconocer la dinámica de los ecosistemas.

Este mecanismo es aplicado a través de programas en distintas partes de la República Mexicana enfocado principalmente a la producción de agua para consumo humano, denominados Servicios Ambientales Hidrológicos, en el caso del Estado de México operan dos programas de SAH, uno por parte del Gobierno Federal y otro del Estado, ambos pueden trabajar de manera conjunta en las mismas zonas de prioridad, principalmente en zonas boscosas cercanas a las ciudades que dependen de la producción de agua de las mismas.

2.6 Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos

Torres (2001), publicó una asesoría encargada por la Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental del INE en donde resalta el potencial de México para la Producción de SA, tomando en cuenta los grandes rubros en que se dividen (captura de carbono, biodiversidad, desempeño hidráulico y valores escénicos) y de estos destaca su potencial y su mercado en cada aspecto, y la caracterización de la estructura del mercado. Y partiendo de ésta idea el PSAH se identifica como único en su especie dentro del Parque Nacional nevado de Toluca, se ha llevado a cabo por más de un lustro y al parecer está en constante crecimiento, se genera a partir de las acciones nacionales para México.

Dicho programa en diferentes comunidades del PNNT, está constituido por una serie de pasos y lineamientos a seguir de parte de los participantes, en donde existe el típico ejercicio de trámite burocrático bien conocido por la sociedad. No obstante, las características de éste programa permiten una operación aparentemente posible.

Es importante destacar que los programas aplicados en México para el PSA se derivan de instituciones que determinan los lineamientos a seguir para éstos, lo cual muchas veces se hace de manera irresponsable otorgando poco valor a los servicios o una mala metodología al formularlos. El INE (2006) elaboró un diagnóstico para estos programas y resalta cinco problemas fundamentales en su concepción y organización.

- límite de cinco años en los pagos
- Carencia de capacitación y entrenamiento para el desarrollo del mercado local e internacional
- Los sitios elegidos para la implementación del programa no han sido valorados científicamente
- Se carece de criterios de evaluación en la efectividad del pago
- No se incorporan zonas de descarga en donde se presentan muchos ecosistemas altamente vulnerables a cambios hidrológicos.

La misma institución considera que es necesario contar con metodologías que permitan identificar y cuantificar estos servicios, que opere la emisión de derechos de propiedad, que los esquemas de pago brinden incentivos y que el referente institucional se adapte a las condiciones locales, propone incluir aspectos macroeconómicos considerando el futuro.

2.7 Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos del Estado de México

No existe un documento que describa el programa o que establezca los lineamientos del mismo, sin embargo, la gaceta de gobierno del 13 de Agosto de 2007 hace referencia a un decreto en donde se determina la realización del pago por Servicios Ambientales Hidrológicos y a la creación de un fideicomiso público para la generación de fondos a efecto de dar transparencia al manejo de los recursos otorgados por el Gobierno del Estado de México a través de la Secretaria de Finanzas manteniendo el objetivo de conservar las áreas de bosque que generan servicios ambientales, especificando la instauración de un comité técnico conformado por funcionarios de la Secretaria de Desarrollo Agropecuario a nivel estatal y por parte de CONAFOR a nivel federal (Vocal).

El comité técnico tiene distintas funciones, las cuales permiten llevar a cabo el programa dentro los términos establecidos y determinar los presupuestos para el pago, además de hacerlo valer; Las decisiones que se toman se determinarán por mayoría de votos y se avisará al comisario de los acuerdos establecidos en sus sesiones mensuales.

Cuatro meses más tarde, en ese mismo año se publicó por el mismo medio una convocatoria que tiene como fin atraer a los participantes de distintas comunidades ejidos y pequeños propietarios a participar en dicho programa, estableciendo las reglas de

operación para formar parte, dentro de estos lineamientos podemos encontrar requisitos como: la comprobación de propiedad de los terrenos participantes, mostrar un croquis de ubicación del predio, demostrar que no se encuentra en litigio; Posteriormente se establece que: los predios que han sido aceptados deberán cumplir con prevención de incendios forestales mediante la creación de brechas cortafuegos, evitar plagas y enfermedades de la superficie forestal, además expone las obligaciones y facultades del comité técnico para el conocimiento de los participantes.

Para 2009 la misma convocatoria se pública con algunos cambios, principalmente en las extensiones de terreno participantes, tomando en cuenta a los ejidatarios y pequeños propietarios con extensiones máximas de 300 hectáreas fuera de las áreas naturales protegidas y dentro de ellas con 500 has. La misma promoción se pública cada año para los interesados por medio de la Gaceta de Gobierno y también se adhieren las fechas establecidas para llevar a cabo éste proceso, en donde el primer mes es la recepción y registro de solicitudes, para los siguientes 90 días se evalúan y se califican las áreas a participar, 10 días después se aprueban las solicitudes y 15 más tarde de la actividad anterior se publican los resultados, posteriormente en un plazo de 20 días se firma el contrato de adhesión y a partir de esta fecha se cuentan 30 días para el Pago por Servicios Ambientales.

El procedimiento a seguir después de haber publicado los resultados, es que los participantes aceptados son nombrados en las delegaciones regionales, de las cuales existen ocho, la región de Toluca I, Zumpango II, Texcoco III, Tejupilco IV, Atlacomulco V, Coatepec Harinas VI, Valle de Bravo VII y Jilotepec VIII.

Actualmente el PSAH contiene una lista de aproximadamente 64 municipios que participan, además 25 más son operadores de agua, 8 comités de agua y 36 están por integrarse (ver Anexo 1.)

2.7.1 Talleres Regionales

Al momento de Firmar los contratos de adhesión los participantes también acuden a platicas denominadas Talleres Regionales, los cuales son impartidos por Técnicos Forestales adscritos a PROBOSQUE. Dentro de éstos talleres se muestran distintos ejemplos en donde las comunidades han aprovechado este pago para implementar obras

o acciones que mejoren su espacio, y así los receptores pueden aplicarlos. Mencionan los objetivos del programa y las obligaciones de los participantes, las cuales son:

Objetivo General:

Conservar las áreas de bosque que permiten la recarga hídrica, para garantizar el suministro de agua.

Objetivos Específicos:

- Lograr que los productores forestales mantengan, conserven o aumenten la cobertura forestal natural o inducida.
- Reducir la carga de sedimentos en las partes bajas de las cuencas para la conservación de los cuerpos de agua y disminuir los riesgos de inundaciones
- Retribuir mediante el pago de \$1,500.00 por hectárea anual, a los dueños, poseedores y usufructuarios de bosques, por el servicio ambiental que ofrecen.

Obligaciones de los beneficiarios.

La obligación de los beneficiarios parte de la conservación y manejo de suelos, reforestación, protección y vigilancia

Además se expone una presentación en donde se muestran proyectos productivos para que puedan ser utilizados por comunidades de nuevo ingreso partiendo y explicando que son herramientas útiles para la generación de empleos con recursos propios de las comunidades, además promueven la participación colectiva. También se dan a conocer otros programas que puedan ser aprovechados.

2.8 Evaluación de Programas

El Estado moderno no puede limitar su rol en la sociedad para mantener su estabilidad y supervivencia, pero las políticas económicas y sociales tienen que ser descompuestas o traducidas en programas y proyectos específicos (Parada 2007). La evaluación de programas supone la capacidad de identificar, medir y valorar, todos los costos y beneficios involucrados, cuestión que en la práctica no siempre es posible, por eso los costos y beneficios que se deben medir son los que resulten relevantes (Tejeda, 2004).

La evaluación de programas es la base fundamental que soporta o rechaza a los mismos, genera especulaciones y muchas veces su descalificación en torno a este tema, además existen distintas metodologías implementadas que determinan su evaluación tomando en

cuenta diferentes criterios que se adquieren con características propias del programa, extrínsecas e intrínsecas, partiendo de que sin evaluación es imposible la gestión eficaz de los mismos, diversos autores proponen metodologías a seguir para la evaluación de estos programas, generalmente llevadas a cabo en tres etapas, pragmática, procesual y de resultados (Tejeda, 2004), explica que sin la evaluación es imposible la gestión eficaz de los programas, si no se saben las causas de los resultados, ya sean exitosos o deficientes difícilmente se puede ajustar una decisión sobre el programa, redacta cuatro variables que tienen que ver con la evaluación del mismo: gestión, dirección, coordinación y su papel específico, a continuación se presenta un cuadro con indicadores en el proceso de evaluación propuesto por este autor.

Cuadro 1. Indicadores en el proceso de evaluación

Momento	Finalidad	Objeto	Indicadores	Instrumentos	Fuentes	Decisiones
Desarrollo del programa	Identificar los puntos críticos	Programa actual	Actividades, estrategias, recursos, dinámica interacción	Cuestionarios, entrevistas, observación análisis, registros	Locales, expertos gestores, destinatarios	Adaptación de actividades incorporación de nuevos recursos
	Mejorar las posibilidades de los participantes					
	Aumentar la información	clima	Relaciones, implicación, participación			
	Dar información sobre su evolución	Resultados parciales	Conocimientos Actitudes destrezas			

Fuente: Elaboración propia con base en Tejeda, (2004)

En la etapa procesual del programa se establece que si no se saben las causas de los resultados, ya sean exitosos o deficientes difícilmente podemos ajustar la decisión racional sobre un programa. Generalmente se toman en cuenta diferentes objetivos de la evaluación de procesos explicados por Tejeda (2004).

- Proporcionar información sobre el ritmo de las actividades, la adecuación al plan previsto. y la utilización de los recursos disponibles.
- Aportar una guía para modificar el plan.
- Valorar la participación de los implicados.
- Proporcionar un informe sobre costos y valoración de su calidad.

La evaluación de resultados persigue tres finalidades importantes, (1) verificar la consecución de los objetivos para hablar de los logros o efectos inmediatos del programa, (2) valorar su impacto para verificar los efectos que tiene y (3) verificar su valía de cara a la satisfacción de las necesidades, se toma en cuenta tres decisiones de la evaluación: promoción, intervención y aceptación y rechazo, además, logros, impactos y costos, y al centrarse en los efectos que produce se puede llegar a utilizar criterios extrínsecos y se ha demostrado que es insuficiente para demostrar el éxito, (Ibíd.).

2.9 Evaluación Multicriterio

Dentro de la evaluación de programas se destacan algunos métodos para obtener el objetivo que se busca, las necesidades que se buscan solventar se encuentran en función de la naturaleza de cada programa y con base en el criterio del evaluador, sin embargo todos éstos siguen paradigmas establecidos como las etapas y los criterios. La evaluación multicriterio permite la medición de variables intrínsecas y extrínsecas, además adquiere métodos estadísticos para su proceso y permite mayor asertividad en el juicio del resultado evaluatorio.

Pacheco *et al.* (2008), explican que la aplicación de este método se vuelve interesante en la identificación de ideas, análisis de alternativas, priorización de carteras, evaluación propuestas, para programas de inversión en el sector público, y para la construcción de indicadores de desempeño, mencionan que generalmente los programas se derivan de las instancias más altas en la esfera jerárquica, sin embargo en las instancias de gobierno este proceso ocurre al revés. Munier (2006), explica que este método permite obtener una excelente elección para programas, mejorando así la deliberación de opciones. Los actores involucrados en estos programas son el capital social y análisis de involucrados, ocupan distintos métodos de comparación que son los métodos cuantitativos, cualitativos y mixtos (ver Anexo 2)

Es necesario elaborar una jerarquía en el proyecto en donde, del foco problema surgen distintos criterios y de estos criterios se especifique aún más su identificación además de las variables y la construcción de prioridades, el cálculo de ponderadores t y estandarización de indicadores. Todo esto se verá a través del proceso del cuerpo de la investigación. Mediante la construcción de la matriz para su ejecución, esta construcción

se realiza mediante una junta de expertos, los cuales serán los encargados de definir los criterios y subcriterios a utilizar de caracteres cualitativos y cuantitativos, extrínsecos e intrínsecos. Dicha junta será representada un grupo de personas que tienen experiencia en el manejo del tema a evaluar y permitirá una apreciación que defina las características más importantes de programa.

Nos podemos dar cuenta que los criterios establecidos para la elaboración de éste esquema se encuentran en un mismo escalón, es decir que su nivel jerárquico es el mismo.

2.9.1 Proceso Analítico de Jerarquías (AHP).

Contiene tres principios rectores, construcción de jerarquías, establecimiento de prioridades y consistencia lógica. El sistema jerárquico está compuesto por: objetivo o foco, criterios, subcriterios y alternativas.

Debido a que las jerarquías se otorgan de manera objetiva se propone una escala de intensidades de preferencias de Thomas Saaty (1997).

Cuadro 2. Escala de Intensidades

Intensidad	Definición	Explicación
1	De igual importancia	Dos actividades contribuyen de igual forma al objetivo
3	Moderada importancia	La experiencia y el juicio favorecen levemente una actividad sobre la otra
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre la otra
7	Muy fuerte o demostrada	Una actividad es mucho más favorecida que la otra, su predominancia se demostró en la práctica
9	Extrema	La evidencia que favorece una actividad sobre la otra, es absoluta y totalmente clara
2,4,6,8	Valores intermedios	Cuando se necesita un compromiso de valores adyacentes
Recíprocos	$a_{ij}=1/a_{ji}$	Hipótesis del método

Fuente: Tomas Saaty (1997)

2.10 Metodología Social

Las metodologías de aplicación social, se han desarrollado prácticamente en todo el mundo, sin embargo, no eran bien aceptadas al principio por las ciencias prácticas, no fue sino hasta 1930 que empezaron a separarse como ciencias sociales en las Universidades (Russell, 2000). Éstas se han desarrollado en el campo de las actividades humanas y su comportamiento definiéndose como investigación cualitativa, y según Banks (2010), pretenden acercarse al mundo externo, entender, describir y algunas veces explicar fenómenos sociales desde el interior y de varias maneras diferentes.

En los últimos 15 o 20 años, los cursos sobre investigación social han venido adquiriendo mayor importancia. Se encuentra cierta variedad de necesidades a las que el estudio de las técnicas puede ayudar a resolver (Hatt *et al.*, 1990). En el siglo XX los mayores aportes del conocimiento provienen de la humanidad (Russell, 2000).

Una característica importante de las metodologías cualitativas y la investigación social es expresar lo que se entiende por medio de palabras, esto se complica cuando los significados de éstas se interpretan diferente, por esto es necesario realizar niveles de medida o escalas (Russell, 2000). Actualmente se encuentran divididas en primer lugar por disciplinas, en segundo por subdisciplinas, después por metodologías numéricas y por último por marcos teóricos (Gerring, 2001). Para este tipo de investigaciones los autores consultados describen las variables a utilizar en cada fase es decir edad, sexo, distancias, frecuencias.

2.11 Metodologías participativas.

Muchos proyectos fracasan o quedan muy lejos de sus objetivos debido a que falta participación de la gente, existen muchos tipos de participación que se emiten de acuerdo con Geilfus (2002), también menciona, que se deben de tomar en cuenta como herramientas para trabajos en grupo y no eliminar la información disponible previa a cualquier trabajo de campo, ni de llevar a cabo estudios más profundos.

3. JUSTIFICACIÓN

La constante preocupación de los países desarrollados y subdesarrollados en cuestión ambiental, origina que se tomen en cuenta distintas estrategias que permiten la disminución de estos problemas, sin embargo se necesitan más y mejores tácticas para cumplir con sus objetivos, acompañados de políticas internacionales aplicables a escalas nacionales, tomando en cuenta distintos panoramas de aplicación. El cambio climático es generado por distintos factores que son difíciles de mitigar, sin embargo las acciones que se pueden llevar a cabo dentro de este propósito se encuentran principalmente en la conservación y manejo de recursos. Es importante y necesario determinar mecanismos que ayuden a minimizar el daño producido por las actividades antrópicas en distintos ecosistemas, tal es el caso de los servicios ambientales, de tal forma que se pueda determinar una cuota para el cuidado del entorno natural y generar recursos que puedan ser destinados a su protección como un aporte más al estudio de los mismos, con base en distintas prácticas y métodos para su manejo y conservación. Una vez aplicadas estas acciones convertidas en programas aplicables a distintas escalas, se percibe la necesidad de evaluarlos para su buen funcionamiento, el INE (2009) sugiere que existen cuatro aspectos positivos y negativos de dichos programas y mencionan también que no se describen procedimientos de estudio de impacto social a las propuestas políticas económico-ambientales. Por estas razones la evaluación de los programas es importante ya que a partir de ésta se podrá determinar su buen funcionamiento, a través de un estudio que permita identificar los aciertos y las fallas del programa a evaluar tomando en cuenta las características sociales, económicas y ambientales.

3.1 Problema de Investigación

Las distintas características geográficas que ostenta el PNNT, así como su biodiversidad presentan una oportunidad en la aplicación de programas para el PSA debido a la potencialidad para la producción de éstos (Franco *et al.*, 2009).

De acuerdo con los distintos procesos agrícolas, recreativos y forestales que se generan dentro del Parque Nacional Nevado de Toluca (PNNT) y en sus áreas aledañas, la producción de servicios ambientales es una realidad. Sin embargo, las prácticas o técnicas agroforestales que se llevan a cabo en el parque en ocasiones no son las indicadas, y se utilizan mecanismos que se han establecido través del tiempo y por lo tanto es difícil cambiarlos o modificarlos, acarreando consigo complicaciones en la

implementación de nuevas estrategias. Dentro de las acciones o tácticas establecidas para mitigar el cambio climático aparecen los PSA.

Algunos de los propietarios de terrenos con potencial para los servicios ambientales dentro del PNNT desconocen los programas que podrían proporcionarles beneficios económicos por el cuidado de sus terrenos con vocación forestal que permitan la conservación de los recursos naturales. Así mismo, se desconoce si los programas aplicados al PSA están arrojando los resultados esperados y si la misma valoración de los servicios está bien constituida. Wunder (2006), explica que en los países en vías de desarrollo los aparatos legales y el cumplimiento de las leyes no pueden crear las condiciones que propicien el pago de los SA y menos en las áreas de frontera agrícola en donde el cumplimiento de estas es débil, además explica que muchos profesionales del desarrollo no están muy convencidos de transferir dinero en efectivo a las comunidades rurales argumentando que se pueden generar problemas sociales. Actualmente se cuenta con información que origina una serie de dudas en relación a los PSA, sin embargo en el contexto del PNNT no se identifica una evaluación del programa, por lo que la incertidumbre de su eficacia está presente en su aplicación.

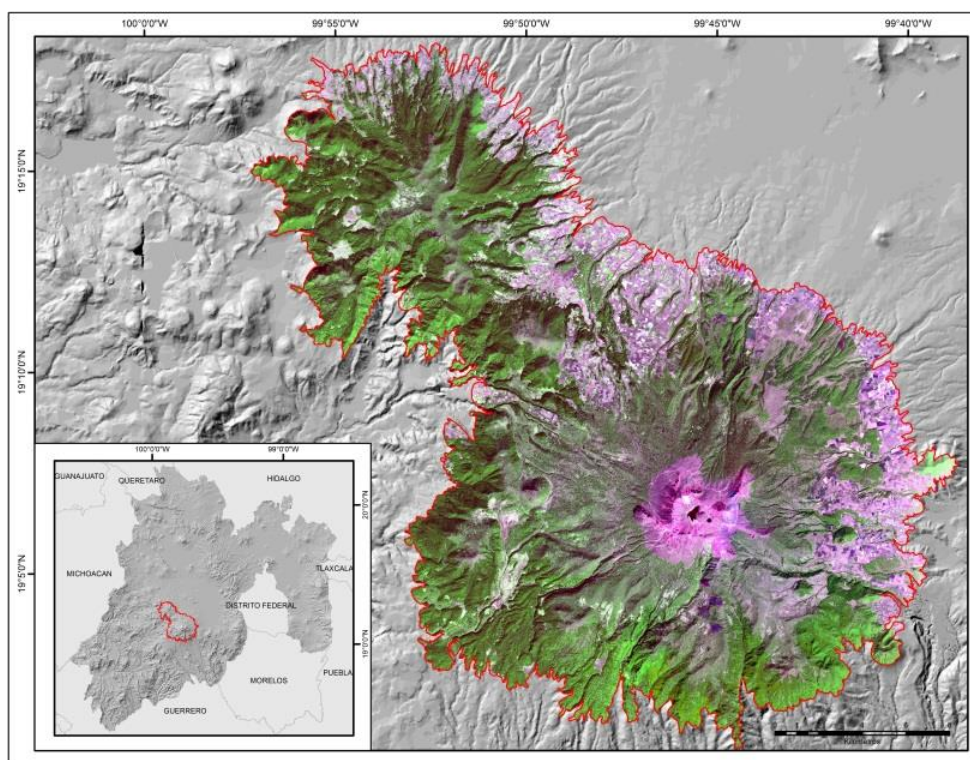
3.2 Objetivo General

Evaluar la eficacia del Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos en el PNNT e identificar sus debilidades.

4. ÁREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional Nevado de Toluca (PNNT) (Fig. 1) se ubica en el Altiplano Mexicano entre $18^{\circ}51'31''$ y $19^{\circ}19'03''$ de latitud Norte y entre $99^{\circ}38'54''$ y $100^{\circ}09'58''$ longitud Oeste (Rojas *et al.*, 2006); fue decretado como área natural protegida en 1936 y se delimita por la cota 3,000 m.s.n.m. rodeando al Volcán Xinantecatl (Franco *et al.*, 2006); representa una fuente importante en la producción y recarga de agua (Brunett *et al.*, 2010); y abarca aproximadamente 51,000 hectáreas (Franco-Maass *et al.*, 2008). El 59% corresponde a ejidos y bienes comunales, el 29% a propiedad privada, el 10% es zona federal y el 2% es desconocido. El PNNT presenta diferentes problemáticas socioambientales relacionadas con la explotación de recursos naturales, la tala inmoderada, plagas, cambios de uso de suelo y pérdida de la masa forestal (Candeau y Franco 2007), entre otras.

Figura 2. Parque Nacional Nevado de Toluca



Elaborado por: Mario Castañeda

5. METODOLOGÍA

La metodología aplicada dentro del trabajo de investigación se dividió en etapas para la construcción de la misma, la primera fue la búsqueda de información bibliográfica en distintas fuentes de literatura disponibles, generando de ésta, distintas características que se pudieron retomar para su desarrollo.

Con el objetivo de conocer distintos ejemplos de Pago por Servicios Ambientales en México y el mundo, los trabajos realizados en este tema y los puntos de vista de organizaciones internacionales, nacionales y locales. Generando con esto la construcción del marco teórico conceptual en donde se explica el origen de los PSA y cómo se relaciona con la evaluación de programas, conjuntamente con la búsqueda de la propia metodología para llevar a cabo el objetivo de la evaluación.

Posteriormente se tuvo un acercamiento con el personal de la Protectora de Bosques (PROBOSQUE) para buscar su ayuda en cuanto a conocimientos y la necesidad de obtener información acerca del programa de PSAH.

Para conocer el programa desde el punto de vista burocrático, se llevó a cabo una reunión con el Ing. Arturo Beltrán Retis, quien fungía como director del departamento de Restauración Forestal de la Protectora de Bosques de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Gobierno del Estado de México. En donde se consiguió información básica, su génesis y su operación. Derivado de la visita antes mencionada, se obtuvo que el proceso llevado a cabo para la implementación de dicho programa en diferentes comunidades del PNNT, está constituido por una serie de pasos y lineamientos a seguir por parte de los participantes, existe el ejercicio burocrático en donde los requisitos y los trámites son necesarios.

5.1 Selección de las Comunidades

Para determinar las comunidades a evaluar, se obtuvo un listado de los participantes en el PSAH, de los años 2007, 2008, 2009 y 2011, por parte de la Protectora de Bosques (PROBOSQUE) explicando que en el año 2010 no hubo promoción del programa.

El listado del año 2007 mostro veintitrés comunidades dentro del PNNT, de las cuales era necesario un número menor, resultando una serie de criterios que pudieran reducir su número, en donde el proceso de selección de las mismas se llevó a cabo tomando en

cuenta seis criterios que se fijaron de acuerdo a objetivos del programa y con base en la literatura revisada.

5.1.1 Continuidad

Debido a que el objetivo general del Programa es -Conservar las áreas de bosque que permiten la recarga hídrica, para garantizar el suministro de agua- se determinó este criterio de acuerdo a los años que las comunidades han participado y su permanencia dentro del PSAH, obteniendo de estas 13 comunidades que han pertenecido desde 2007 y que a la fecha siguen operando bajo este esquema, ya que la definición de conservación según la Ley General de Vida Silvestre promueve la protección, cuidado y mantenimiento refiriéndose a periodos de tiempo, las oportunidades de preservación y los resultados se tendrían que observar bajo este planteamiento.

5.1.2 Porcentaje de área que participa de acuerdo al total de la comunidad

Este criterio se establece con el número de hectáreas que se encuentran registradas en el PSAH, obteniendo el porcentaje del total de la comunidad o del área a evaluar, procurando establecer una relación en cuanto al aporte de conservación que se lleva a cabo y poder compararlos con otras comunidades.

5.1.3 Total de la población

Debido a que la intervención de la población es necesaria y parte de los requisitos del programa son las obras de conservación, reforestación, protección y vigilancia se obtuvo esta característica a raíz de la obtención de rangos obteniendo una diferencia de la comunidad de mayor población con la comunidad de menor población y el resultado se dividió entre cinco rangos para obtener la amplitud de los intervalos, obteniendo los siguientes resultados:

Población mayor – población menor / 5 = 3070, por lo tanto los intervalos son:

Cuadro 3. Intervalos de población

3070	6140	9210	12280	15350
------	------	------	-------	-------

Se decidió que la población mayor y la población menor entraban a la evaluación para poder contrastar las diferencias, además, la oportunidad de conocer sus capacidades.

5.1.4 Tenencia de la tierra

Los diferentes tipos de tenencia de la tierra que existen en esta zona son tres, Ejidal, Bienes Comunales y Propiedad privada, permitiendo así obtener comunidades que tuvieran diferente régimen, y que además puedan contrastar. Su organización está establecida de acuerdo a su tipo de tenencia y por esto también fue importante integrar esta característica.

5.1.5 Región

De acuerdo al PSAH se trabaja bajo un esquema de regionalización en donde hay distintos municipios que las conforman siendo un total de siete regiones, de las cuales 4 ocupan el PNNT, este criterio se obtuvo de la información obtenida en PROBOSQUE, en donde el proceso de selección de participantes, recopilación de documentos y monitoreo se lleva a cabo en las delegaciones forestales de cada región (para el PNNT son Coatepec Harinas, Toluca, Tejupilco y Valle de Bravo), por lo tanto los resultados obtenidos del proceso de evaluación pueden inferir en la eficacia con que trabajan estas delegaciones.

Derivado de estos criterios se decidió por insertar dentro del grupo a evaluar las comunidades que cumplieran con todos o con la mayoría de los criterios, determinando la importancia de la continuidad y de la población, de las cuales se eligieron comunidades con una continuidad de cuatro años y con la población mayor y menor, también se establecieron comunidades que cumplieran con los criterios especificados con atención en no repetir tenencia de la tierra región y rangos.

A continuación se muestra el cuadro resultante de estas características para las comunidades del PNNT que participan en el PSAH.

Cuadro 4. Comunidades del PSAH dentro de PNNT

Localidad	Municipio	Población 3	% del área participante en la comunidad 2	Tenencia 4	Región 5	Continuidad 1
El contadero	Zinacantepec	2082	6.8%	Ej.	1	4
Santa Ma. del Monte	Zinacantepec	3922	6.5%	Ej.	1	2
San Cristóbal Tecolot	Zinacantepec		19.09%	Ej.	1	3
San Fco. Putla	Tenango del Valle	3433	3.8%	Ej.	1	4
San Miguel Balderas	Tenango del Valle	4866	4.07%	Ej.	1	1
Agua Limpia	Calimaya		24.5%	P.p.	1	1
Cacalomacan	Toluca	12001	5.3%	Ej.	1	4
Bienes comunales Calimaya	Calimaya	11165	1.6%	B.c.	1	4
San Juan de las Huertas	Zinacantepec	12253	2.3%	Ej.	1	4
Bienes Comunales S. Tlacotepec	Toluca	15853	0.6%	B.c.	1	3
Ejido Arroyo Zarco	Almoloya de Juárez	755	77.7%	P.p	1	1
San Miguel Oxtotilpan	Temascaltepec	1264	8.2%	Ej.	4	4
San Fco. Oxtotilpan	Temascaltepec	1435	6.6%	Ej.	4	4
Las Lagrimas	Temascaltepec		9.3%	Ej.	4	4
San Antonio de los Albarranes	Temascaltepec	965	8.0%	Ej.	4	1
La estancia	Temascaltepec	615	38.4%	Ej.	4	1
Ej. Palo seco	Coatepec	500	99%	Ej.	6	1
Ampliación pp. Monte de la Sierra M.	Harinas		81.4%	P.p.	6	4
pp. Monte de la Sierra	Toluca	744		P.p.	6	4
pp. Exhacienda la Gavia	Distrito Federal		62.7%			
			8%	P.p	6	1
Ej. Coatepec Harinas	Coatepec	6950	13.5%	Ej.	6	4
Ej. San Bartolo Amanalco	Harinas					
	Amanalco	2360	10%	Ej.	7	4
Ej. Agua Bendita	Amanalco	594	6.9%	Ej.	7	4

Fuente: Elaboración propia

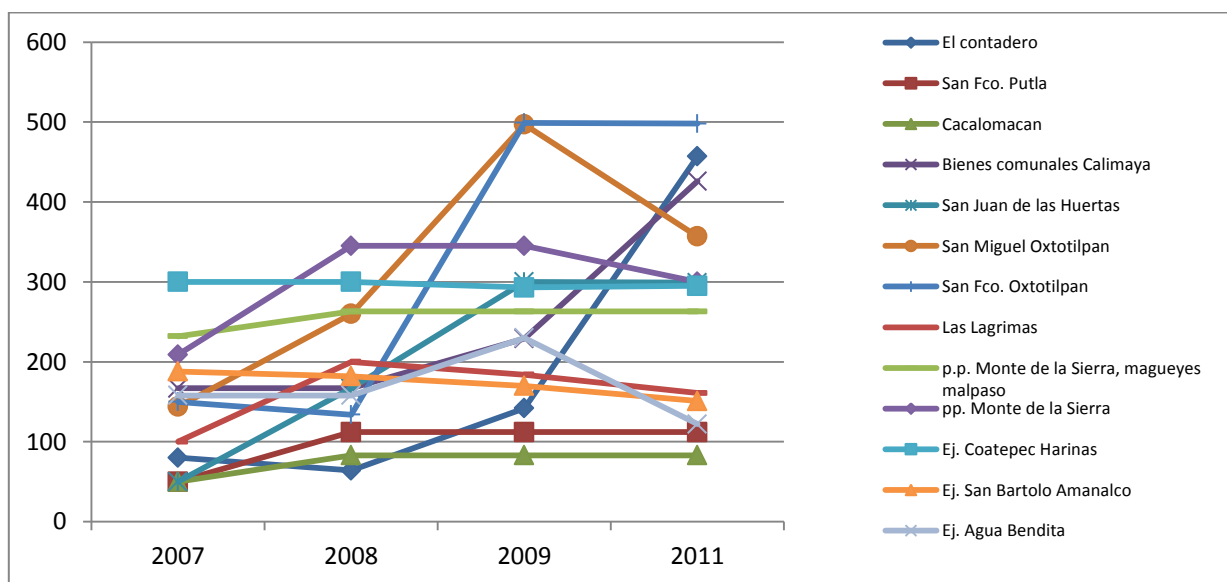
Cuadro 5. Rangos de población y porcentaje de hectáreas que participan en el PSAH

Rangos población	Porcentaje de Has. en el PSAH
3070	20%
6140	40%
9210	60%
12280	80%
15350	100%

Fuente: Elaboración propia

La información representada en el cuadro muestra un total de 13 comunidades que han sido constantes en el programa desde su aparición y que aún están vigentes como participantes, también aparecen 17 comunidades que están dentro del rango del 20% de Has. en el PSAH, 1 entre 20 y 40%, 2 entre 60 y 80% y el mismo número de 80 a 100%. La grafica que se muestra a continuación se deriva de la continuidad de las comunidades en el programa resaltando de éstas, trece que aún siguen participando, del total de las comunidades que entran al programa.

Figura 3. Continuidad de las localidades del PSAH en el PNNT



Fuente: Elaboración propia.

De los 5 rangos establecidos en el criterio de población, podemos identificar que 9 de las veintitrés se encuentran en el primero, 3 en el segundo, mientras que solo uno en el tercer rango y dos para el cuarto pero solo uno en el último intervalo, aunque éste entró por tener la población más alta.

Aparecen 16 localidades ejidales, dos comunales y cinco privadas, del total de comunidades 11 pertenecen a la región 1 (Toluca) la cual está conformada por Joquicingo, Atizapan, Capulhuac, Lerma, Ocoyoacac, Oztolotepec, San Mateo Atenco, Temoaya, Tianguistenco, Xalatlaco, Xonacatlán, Huixquilucan, Almoloya de Juárez, Almoloya del Río, Calimaya, Chapultepec, Metepec, Mexicaltzingo, Rayón, San Antonio La Isla, Tenango del Valle, Texcalyacac, Toluca, Zinacantepec,

Existen cinco localidades en la región 4 (Tejupilco) que se conforma por San Simón de Guerrero, Temascaltepec, Ometepec, Livianos, Tejupilco, Talaya, Para la región Número seis (Coatepec Harinas) existen cinco localidades y contiene a Almoloya de Alquitrás, Coatepec Harinas, Ixtapan de la Sal, Malinalco, Oclúán, Sultepec, Tenancingo, Texcaltitlán, Tonicato, Villa Guerrero, Zacualpan, Zumpahuacan.

La región 7 (Valle de Bravo), cuenta con dos localidades participando dentro del PNNT en 2007 y está conformada por Amanalco, Donato Guerra, Ixtapan del Oro, Oztoloapan, Santo Tomas, Valle de Bravo, Villa de Allende, Villa Victoria, Zacazonapan.

Figura 4. Delegaciones Regionales Forestales del Estado de México



Fuente: GEM (2012).

Las comunidades que resultaron después de este proceso son Bienes Comunales de Santiago Tlacotepec perteneciente a la región 1 (Toluca), cuenta con el 0.6% de su

superficie en el PSAH y es la localidad de mayor población siendo este un criterio de selección. Sin embargo esta comunidad no cuenta con el registro actual del programa de PSAH por lo tanto se optó por elegir Bienes comunales de Calimaya los cuales comparten la misma forma de tenencia de la tierra y ocupa el tercer lugar en cuanto a la población mas alta criterio con el cual se basó la primera elección además de pertenecer a la misma región.

San Francisco Oxtotilpan, pertenece a la región 4 (Tejupilco) su tipo de tenencia es Ejidal, su continuidad es de cuatro años pertenece al primer Rango de población, apoya al programa con el 6.6% del total del área de su comunidad.

Palo Seco, Ocupa la región 6 (Coatepec Harinas), es la comunidad con menos población, aporta el 99% del total del área de la comunidad, y es ejidal.

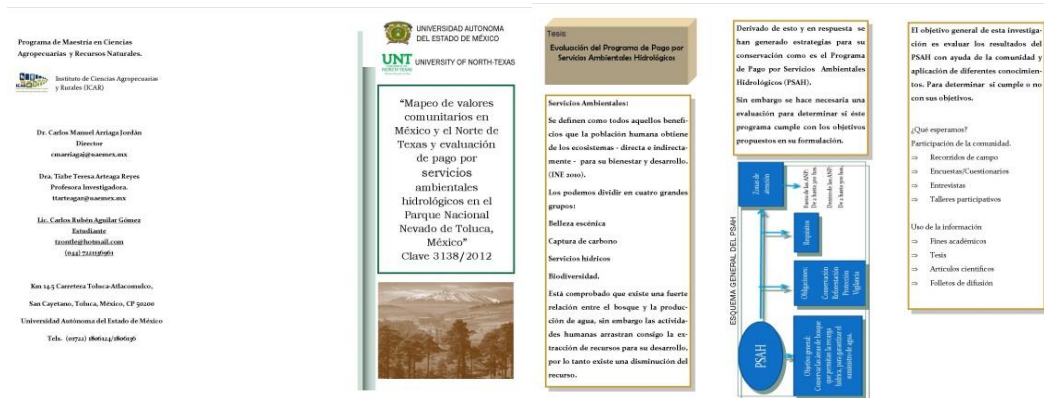
Ejido Agua Bendita pertenece a la región 7 (Valle de Bravo), se ha mantenido cuatro años dentro del programa, su población es baja con a penas 594 habitantes, aporta el 6.9% del total de su área al programa.

La Propiedad privada que resulto del sorteo establecido no mostró interés por apoyar al proyecto, derivado de esto se optó por buscar otro propietario interesado, el cual fue encontrado fuera de la cota 3000, perteneciente al municipio de Ocuilan, sin embargo, se consideró importante contrastar las experiencias y opiniones del trabajo organizado en grupo por un lado, y el trabajo de un solo propietario por el otro.

5.2 Acercamiento a las comunidades.

De esta forma, se visitaron las comunidades que participan en el programa para buscar el apoyo en la investigación acercandose a presidentes comunales, comisariados ejidales y pequeños propietarios, obtenido de estas la disponibilidad deseada para la elaboración del proyecto con gran interes en participar en la evaluación. Presentando ante ellos un tríptico con la información básica del programa, y la descripción del proyecto.

Figura 5. Tríptico de presentación en las comunidades



Fuente: Elaboración propia

5.3 Muestreo.

Los muestreos para el tema de investigación siguieron un proceso que atendía primero a la obtención de los polígonos participantes en el PSAH para cada una de las comunidades, por este motivo se busco ayuda con el personal que maneja la documentación de cada una de éstas en PROBOSQUE consiguiendo imágenes para lograr un muestreo estratificado por racimos (Hernández *et al.*, 2006). El proceso de la obtención de los puntos fue crear una malla de 100X100 metros en los poligonos obtenidos del personal PROBOSQUE y se procedio al proceso de muestreo en gabinete, tomando en cuenta solo las parcelas dentro del área para evitar la falta de probabilidad entre los puntos externos e internos.

De acuerdo con Hernández *et al.* (2006), para obtener la muestra n, se necesita la obtención de:

$$s^2 = p(1-p)$$

$$V^2 = (se)^2$$

En donde:

s^2 = Es la varianza de la muestra expresada como la probabilidad de ocurrencia

V^2 = Varianza de la población al cuadrado

Se = error estandar

P= Probabilidad (90% conservado y 10% no conservado)

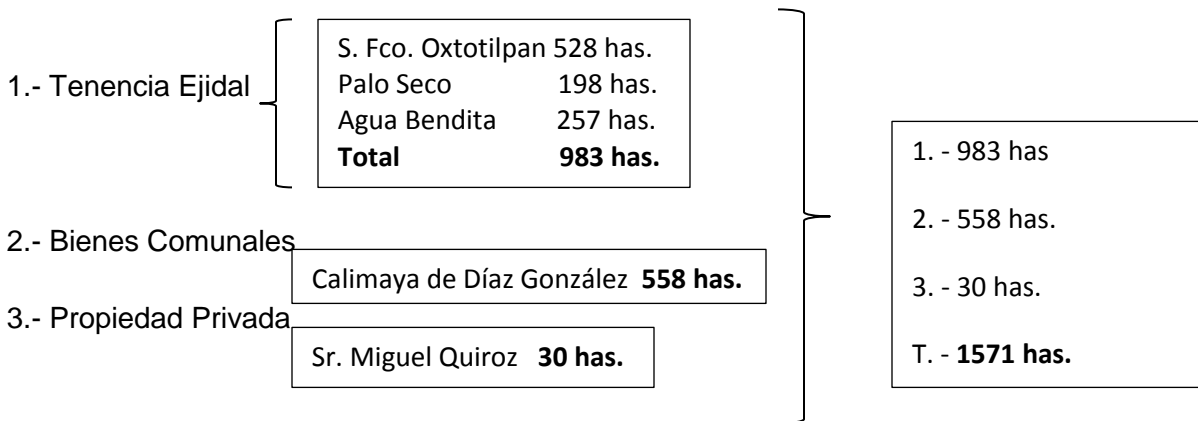
n̂= Tamaño de la muestra sin ajustar

N= Tamaño de la población

$$s^2 = p(1-p) \quad s^2 = 0.9(1-0.9) \quad s^2 = 0.09$$

$$V^2 = (se)^2 \quad V^2 = (0.05)^2 \quad V^2 = 0.0025$$

Por lo tanto para la obtención de la muestra, tomando en cuenta que tenemos 3 tipos de tenencia (estratos), y debido a que el tipo de organización, explotación de recursos y acceso a éstas zonas se rigen por un conjunto de normas que controlan el comportamiento, su participación y sus obligaciones FAO (2003), se obtuvo que 3 comunidades son ejidales, una es bien comunal y otra es propiedad privada, la suma total de las hectareas a evaluar es de 1571 obtenidas del listado adquirido en POBOSQUE y divididas en tres estratos los cuales se pueden identificar de la siguiente forma:



Sustituyendo en la siguiente formula:

$$\hat{n} = s^2/V^2$$

$$\hat{n} = \frac{0.09}{0.0025} \quad \hat{n}=36$$

y para:

$$n = \frac{\hat{n}}{1 + \left(\frac{\hat{n}}{N}\right)}$$

$$n = 36 / \left(1 + \left(\frac{36}{1571}\right)\right) \quad n = \frac{36}{1.0229} \quad n = 35$$

Es decir que el tamaño de la muestra para las 1395 hectareas es de 35, y para saber como seleccionar a esos 35 puntos de muestreo necesitamos estratificar la muestra de la siguiente manera:

$$\Sigma fh = \frac{n}{N} = ksh$$

$$fh = \frac{nh}{Nh} = ksh$$

$$ksh = \frac{35}{1571} = \mathbf{0.0222}$$

Posteriormente se tiene que multiplicar la constante *sh* por cada uno de los estratos para determinar cuantos puntos se deberán muestrear en cada uno de éstos y así obtener los racimos:

Estratos:

1.- 983 has.	}	x 0.0222	{	22
2.- 558 has.				12
3.- 30 has.				1

El uso de números random es un practica utilizada con aleatoriedad para identificar un patrón y obtener los puntos a muestrear, este procedimiento se puede llevar a cabo con ayuda de software que pueda facilitar el proceso, Hernández *et al.* (2006), recomiendan Stats. Sin embargo, la paqueteria de Office en Excel comprende la función “Aleatorio.Entre” la cual proporciona los datos, de tal manera que lo poligonos adquiridos se cudricularon en una maya de 100X100 mts., se enumeraron de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo en cada estrato y los números que resultaron de ésta práctica fueron seleccionados en el poligono.

Cuadro 6. Números Aleatorios para los estratos de la muestra

Estrato Ejidal		Estrato Comunal		Estrato propiedad privada	
1	56	1	25	1	24
2	89	2	36		
3	129	3	47		
4	157	4	49		
5	341	5	75		
6	358	6	183		
7	459	7	337		
8	463	8	397		
9	475	9	405		
10	496	10	433		
11	582	11	618		
12	602	12	633		
13	608				
14	610				
15	668				
16	702				
17	871				
18	908				
19	1089				
20	1121				
21	1124				
22	1192				

Fuente: Elaboración propia

Después de este proceso, se obtendrán las coordenadas UTM de los puntos adquiridos para su rápida localización en campo, también se sobrepuso un mapa de caminos de la zona para determinar las distancias de los puntos y la accesibilidad a cada uno de ellos (ver Anexo 4).

5.4 Proceso de Evaluación Multicriterio

Este proceso de evaluación contiene una serie de pasos a seguir para su elaboración, se puede llevar a cabo con distintos métodos, principalmente el método AHP.

Es necesario elaborar una jerarquía en el proyecto, en donde del foco problema surgen distintos criterios y de estos criterios se especifique aún más su identificación, además de las variables y la construcción de prioridades, el cálculo de ponderadores y estandarización de indicadores (Pacheco *et al.*, 2008). El foco de este trabajo para la

construcción es la evaluación del pago por servicios ambientales hidrológicos en el Estado de México y determinar qué comunidad está obteniendo mejores resultados en cuanto a conservación.

5.4.1 Creación de la matriz.

Siguiendo la metodología aplicada en el esquema de Evaluación Multicriterio se creó una matriz que pudiera identificar las características a evaluar con base a los objetivos del programa. Derivándose de una junta de expertos que definieron los aspectos que deberían tomarse en cuenta relacionados con conservación de bosques y suelo, y que pudieran concretar la preservación de ambos recursos, considerando que los criterios seleccionados pueden ser evaluados de acuerdo a la especie encontrada en los puntos de muestreo, las condiciones del suelo, el tipo de asociación y grado de infestación además de las actividades antrópicas que tuvieran un impacto tanto negativo como positivo en su conservación, resultando de esta la siguiente matriz, la cual toma en cuenta particularidades que describen si un bosque o un suelo esta conservado.

Cuadro 7. Matriz para la evaluación Multicriterio.

INTRÍNSECOS			EXTRÍNSECOS	
RECURSO	CRITERIO	ATRIBUTO	CRITERIO	ATRIBUTO
FORESTAL	a)Densidad	Arboles por hectárea (la densidad depende de la especie)	e)Actividad Antrópica	Extracción de recursos, actividades humanas, incendios
	b)Sanidad	Grado de infestación (número de árboles infestados)	f)Acciones de conservación	Brechas, tinas ciegas
	c)Asociación	Vegetación según pastizales, etc. Tipo de asociación directa en el grado de conservación.		
	d)Estructura	Número de tocones, diámetros, alturas, definir estructura tipo		
SUELO	a)Cobertura vegetal	Sotobosque	d)Signos de actividad antrópica negativa	Caminos Actividades productivas Actividades extractivas Basura
	b)Pendiente	Dependiendo la pendiente es lo propenso a la erosión	e)Acciones de conservación	Conservación de caminos Presas de Gavión Reforestación
	c)Deterioro del suelo	Erosión, tipos de erosión, cárcavas, deslaves etc.		

Fuente: Elaboración propia basada en la junta de expertos.

Después de obtener la matriz se visitaron los puntos de muestreo obtenidos para recorrer en campo, resultando datos de los criterios expresados, explicando que:

La densidad será medida a través del número de árboles en los puntos de muestreo, sin embargo, para poder hacerlo se necesita tomar en cuenta la especie que se va a contar y sus características, es decir, el número de árboles de una especie dentro de una hectárea no es el mismo que de otra especie.

La sanidad se determinó con el número de árboles que tuvieran muérdago, descortezador o alguna otra plaga con respecto al número total de árboles expresada en porcentaje, sin embargo, dependiendo del número de árboles infestados podríamos definir algún tipo de alteración. Mientras que la Asociación se ponderó de acuerdo a lo obtenido en campo, es decir, el tipo de bosque en estado natural y por su vocación. La estructura se evaluará de acuerdo a Endara *et al.* (2011), para determinar alturas, tocones y diámetros. Con base en una estructura tipo Arler (2000), citado por García *et al.* (2005), menciona que la vegetación, la pendiente y la erosión son indicadores de degradación del suelo y que principalmente pueden establecer sensibilidad en estos sistemas, recordando que uno de los objetivos del programa es evitar la pérdida del suelo; como parte de los criterios extrínsecos se optó por verificar las actividades humanas en la zona, ya sean positivas o negativas, por lo tanto se obtendrán los datos de acciones de conservación y extracción de recursos no maderables con ayuda de informantes clave. Los muestreos en cada punto establecido se llevaron a cabo en 1000 mts², midiendo, Altura Total, Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), Diámetro de Copa y Altura al Fuste Limpio, mediante la aplicación de un Formulario para la recolección de los datos considerando Plagas, Tocones, Daño y Grado de Daño.

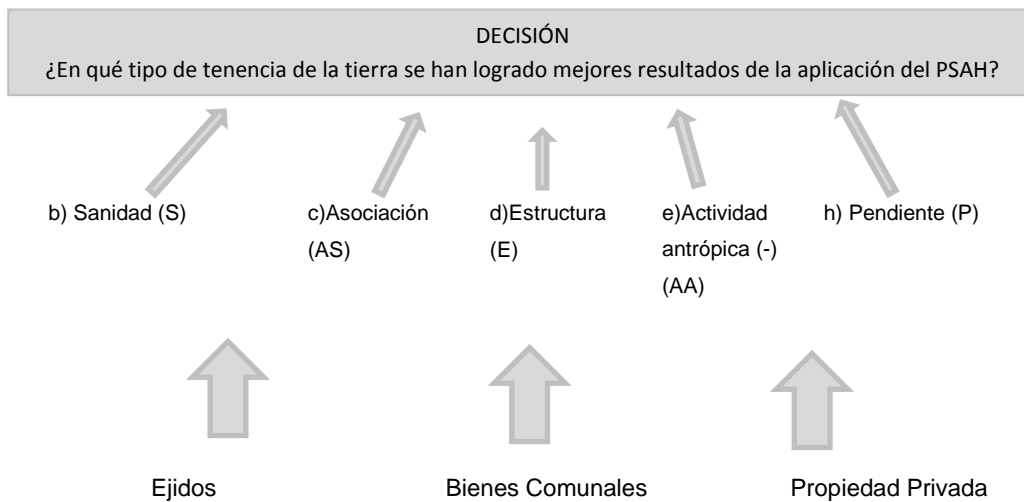
Establecidos en los puntos de muestreo y con ayuda de herramientas como brújula, cintas, estacas, clinómetro, GPS, se encerró un área de 50X20 mts. para medir los árboles dentro de éste rectángulo tomando en cuenta las características antes mencionadas

De los resultados en los muestreos de campo se obtuvo la estructura horizontal, vertical, horizontal con tocones y horizontal con plagas por tipo de bosque, para después extrapolar a hectárea y aplicarlos a la EMC.

5.4.2 Estructura Jerárquica

Siguiendo la metodología revisada y en la reunión de expertos se determinaron nueve criterios que tendrían que validarse en campo, posteriormente en la revisión de los mismos se eliminaron cuatro de ellos correspondientes a la densidad, acciones de conservación, cobertura y deterioro del suelo, quedando solo cinco de estos para la evaluación, considerando que hubo casos que los valores se invirtieron debido a que las características representaban un mejor estado cuando se encontraba menos porcentaje de estos, tal es el caso de la sanidad y la actividad antrópica negativa. Cabe mencionar que la causa de los criterios eliminados fue la ausencia de datos para medir en campo, es decir: no se encontraron en los puntos de muestreo.

Figura 6. Estructura Jerárquica



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se aplicó la EMC, considerando los criterios resultantes con base en los resultados del trabajo de campo, obteniendo la siguiente matriz en donde: $E > S > AA > AS > P$.

Cuadro 8. Matriz de Jerarquías

	Estructura	Sanidad	Act. Antrópica	Asociación	Pendiente	Producto	Raíz	Peso
Estructura	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	120	2.61	0.42
Sanidad	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00	12	1.64	0.26
Act. Antrópica	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00	1	1	0.16
Asociación	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00	0.083	0.61	0.09
Pendiente	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00	0.008	0.38	0.06
						Total=	6.24	1

Razón de consistencia= 0.02

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los pesos obtenidos con la sumatoria lineal ponderada, el orden de importancia de los criterios previamente establecidos es el siguiente: en primer lugar la estructura, la sanidad, actividades antrópicas, asociación y pendiente. Para determinar la Asociación fue necesario elaborar una matriz distinta que nos permitiera identificar qué tipo de bosque tenía más peso, contando con la opinión de expertos, llegando a la conclusión de que el Oyamel tenía más peso, seguido del Pino, Encino, P. Encino y Oyamel Encino, estos dos últimos se consideraron en un solo criterio por ser asociaciones de bosques de igual importancia.

Cuadro 9. Matriz de jerarquías para asociaciones de bosques

	Oyamel	Pino	Encino	Oyamel-Encino, Pino- Encino	Producto	Raíz	Peso
Oyamel	1	2	4	8	64	2.82842712	0.53333333
Pino	0.5	1	2	4	4	1.41421356	0.26666667
Encino	0.25	0.5	1	2	0.25	0.70710678	0.13333333
Oyamel- Encino, Pino Encino	0.12	0.25	0.5	1	0.01	0.35355339	0.06666667
Total=						5.30330086	1

Razón de consistencia= 0.00

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se estableció la matriz de Criterios Normalizados.

Cuadro 10. Matriz de Criterios normalizados

Aj	C1	C2	C3	C4	C5
Ejidos	0.5	0.3	0.5	0.5	0.4
B. Comunales	0.35	0.2	0.15	0.35	0.2
P. Privada	0.15	0.5	0.35	0.15	0.4
	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia

MOUNTAIN RESEARCH AND DEVELOPMENT
FOREST CONSERVATION UNDER PAYMENTS FOR HYDROLOGICAL ENVIRONMENTAL SERVICES SCHEMES IN CENTRAL HIGHLANDS OF MEXICO
 --Manuscript Draft--

Manuscript Number:	
Full Title:	FOREST CONSERVATION UNDER PAYMENTS FOR HYDROLOGICAL ENVIRONMENTAL SERVICES SCHEMES IN CENTRAL HIGHLANDS OF MEXICO
Short Title:	Forest Conservation and Environmental Services
Article Type:	MountainResearch Article
Keywords:	environmental services; payment schemes; forest conservation; anthropic activities; land tenure
Corresponding Author:	Tizbe T. Arteaga-Reyes, PhD Universidad Autónoma del Estado de México Toluca, Estado de México MEXICO
Corresponding Author Secondary Information:	
Corresponding Author's Institution:	Universidad Autónoma del Estado de México
Corresponding Author's Secondary Institution:	
First Author:	Carlos R. Aguilar-Gómez, MSc Candidate
First Author Secondary Information:	
Order of Authors:	Carlos R. Aguilar-Gómez, MSc Candidate Sergio Franco-Maass, PhD Angel R. Endara-Agramont, Doctor Graham Woodgate, PhD Tizbe T. Arteaga-Reyes, PhD
Order of Authors Secondary Information:	
Abstract:	Loss of forests cover worldwide has been a topic of concern to many nations due to the environmental services that they provide to humankind. One of the environmental policies and strategies implemented to address this problem is the scheme of payment for environmental services (PES) to maintain or improve the multiple functions of forestry ecosystems. The objective of the current study was to determine the degree of forest conservation in plots that have been benefited with a program of PES within the National Park Nevado of Toluca in the Central Highlands of Mexico. Five communities were chosen according to five selection criteria (continuity, land tenure, population, forestry region, and percentage of forestry hectares). A stratified random sampling in branches according to land tenure was done to select the sampling plots throughout GIS to determine in field work forest conservation, forest health and anthropic activities. A one way ANOVA analysis was carried out in SPSS to identify statistical significant differences at forest vertical structure, ordered by diameter class and height per type of forest. Semi-structures interviews were carried out with key communities' informants regarding economic benefits and their experience of participating in PES program. Results showed that there is a conservation of forests, which varied by type of land tenure, even though presence of plagues and anthropic activities. Under a complex context, PES schemes have reached positive results despite of their many drawbacks.

6. RESULTADOS

6.1 Artículo Científico

MRD, Submission confirmation for "FOREST CONSERVATION UNDER PAYMENTS FOR HYDROLOGICAL ENVIRONMENTAL SERVICES SCHEMES IN CENTRAL HIGHLANDS OF MEXICO"

em.mrd-journal.0.386b31.8b2b577e@editorialmanager.com [em.mrd-journal.0.386b31.8b2b577e@editorialmanager.com] en nombre de MRD Journal [mrd-journal@peertrack.net]

Enviado el: domingo, 12 de enero de 2014 12:46 a.m.

Para: Tizbe Teresa Arteaga Reyes

Dear Tizbe T. Arteaga-Reyes,

Your submission entitled "FOREST CONSERVATION UNDER PAYMENTS FOR HYDROLOGICAL ENVIRONMENTAL SERVICES SCHEMES IN CENTRAL HIGHLANDS OF MEXICO" has been received by the MRD Journal Office.

Your submission will now go through a technical check to make sure that it conforms with MRD's guidelines. If it does, it will be assigned to an Editor for a preliminary review.

You will be able to check on the progress of your submission by logging on to <http://mrd-journal.edmgr.com/>. You will also be updated by e-mail whenever its status changes.

Your manuscript will be given a reference number once an Editor has been assigned.

Thank you for submitting your work to MRD.

Kind regards,
Lindsey Buscher, Production Editor
MRD Journal Office at Allen Press

For more information about
MOUNTAIN RESEARCH AND DEVELOPMENT:
www.mrd-journal.org

FOREST CONSERVATION UNDER PAYMENTS FOR HYDROLOGICAL ENVIRONMENTAL SERVICES SCHEMES IN CENTRAL HIGHLANDS OF MEXICO

Carlos R. Aguilar-Gómez¹, Sergio Franco-Maass², Angel R. Endara-Agramont², Graham Woodgate³, Tizbe T. Arteaga-Reyes²

ABSTRACT

Loss of forests cover worldwide has been a topic of concern to many nations due to the environmental services that they provide to humankind. One of the environmental policies and strategies implemented to address this problem is the scheme of payment for environmental services (PES) to maintain or improve the multiple functions of forestry ecosystems. The objective of the current study was to determine the degree of forest conservation in plots that have been benefited with a program of PES within the National Park Nevado of Toluca in the Central Highlands of Mexico. Five communities were chosen according to five selection criteria (continuity, land tenure, population, forestry region, and percentage of forestry hectares). A stratified random sampling in branches according to land tenure was done to select the sampling plots throughout GIS to determine in field work forest conservation, forest health and anthropic activities. A one way ANOVA analysis was carried out in SPSS to identify statistical significant differences at forest vertical structure, ordered by diameter class and height per type of forest. Semi-structures interviews were carried out with key communities' informants regarding economic benefits and their experience of participating in PES program. Results showed that there is a conservation of forests, which varied by type of land tenure, even though presence of plagues and anthropic activities. Under a complex context, PES schemes have reached positive results despite of their many drawbacks.

Key words: environmental services; payment schemes; forest conservation; anthropic activities; land tenure

¹ Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales. Universidad Autónoma del Estado de México. Km 14.5 Carretera Toluca-Atlacomulco, CP 50295, Toluca, Estado de México. México.

² Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales. Universidad Autónoma del Estado de México. Km 14.5 Carretera Toluca-Atlacomulco, CP 50295, Toluca, Estado de México. México. Correo-e: tizbe@hotmail.com Tel. +52 7222965552 (Autor de correspondencia).

³ Environmental Sociology of the Americas. UCL Institute of the Americas. University College London. Gower Street, London, WC1E 6BT. United Kingdom.

INTRODUCCION

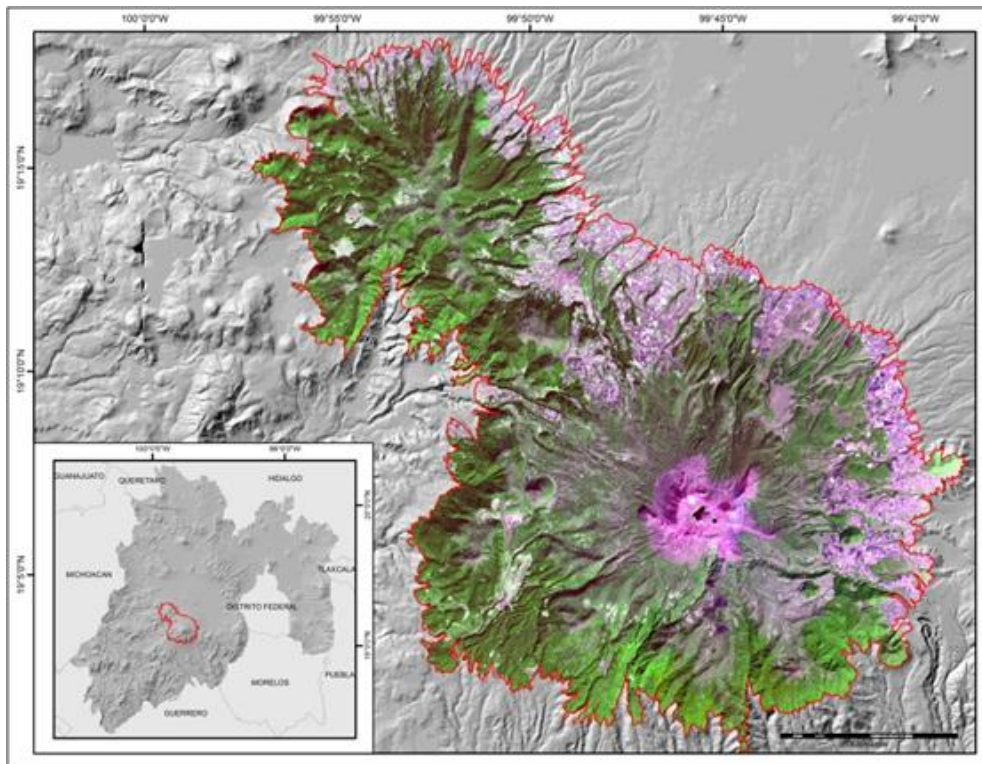
Forest ecosystems are formed by vegetative communities of bushes, herbaceous and mainly trees' species (Granados et al 2007); they provide human population with environmental services or the necessary resources to subsist; and they play a key role in the regulation of water quantity and quality (Manson 2004). However such services decrease accordingly to the augmentation of forests degradation (MEA 2005) due to human population expansion and activities (FAO 2003). For example, timber and firewood exploitation (Funk and Kerr 2007; Martínez-Cruz et al 2010); deforestation due to livestock (FAO 2003); landscape modifications (Volker and Mladenof 2003); forest removals at high altitudes of hydrological basins (Manson 2004); and tourism, playing a double role, as a severe pressure on forests or as an incentive to protect them (Monz et al 2010). In Mexico, deforestation is one of the main environmental problems in natural protected areas (NPA) (INE, 2006). Klooster (1996) affirms that even though social sector is essential for the conservation and adequate use of forests, rarely '*ejidos*' (land allocated to owners by presidential decree due to an Agrarian Reform) and communities have had incentives and opportunities to become stakeholders and protectors of forests. In Mexico the National Forestry Commission and the State of Mexico throughout its governmental Forestry Protection Agency (for which its Spanish acronym is PROBOSQUE), implemented in 2003 and 2007 respectively, a Payment for Hydrological Environmental Services (PHES) Program aiming at forest conservation to guarantee water supply (PROBOSQUE 2011). However, they do not consider rigorous mechanisms of control and follow-up. This drawback is one of the main motivations to carry out the current study, which its objective was to determine the degree of forest conservation in plots that have been benefited with the program of PHES of PROBOSQUE within the National Park Nevado of Toluca in the State of Mexico, to assess the results of such program and to evaluate the achievement of stated objectives.

METHODS

Study area

The National Park Nevado of Toluca (for which its Spanish acronym is PNNT) was declared by presidential decree as a natural protected area in 1936 and defined by the 3,000 meters above sea level topographic curve surrounding the Volcano Xinantecatl (Franco et al 2006), is located at the Highlands of Mexico, between 18°51'31" and 19°19'03" of North latitude and 99°38'54" and 100°09'58" of West longitude (Rojas et al 2007) (Fig. 1); the PNNT represents an important source of water production and recharge (Brunett et al 2010); and it includes approximately 51,000 hectares (Franco-Maass et al 2008), from which 59% corresponds to *ejidos* and *bienes comunales* (common or collective use property), 29% to private property, 10% is a federal state zone, and 2% is undefined. The PNNT faces different socio-environmental problems related to exploitation of natural resources, immoderate tree-logging, plagues, changes in land use or occupation, and forestry mass loss (Candeau y Franco 2007).

Fig. 1 National Park Nevado of Toluca, Central Highlands of Mexico



Map by: Mario Castañeda-Rojas

Selection of communities

Out of a total of 27 registered communities in PHES program of PROBOSQUE in year 2007, five communities located within the PNNT were selected according to five criteria: (1) *continuity*, considered participation in the program at least three years in a row in the following years: 2007, 2008, 2009 and 2011 –2010 is not considered since the program did not operate that year; (2) *land tenure*, representing three types of land tenure (*bienes comunales*–collective use property, *ejidos* and private property); (3) *population*, communities with the greatest and smallest number of inhabitants and those ones representing population ranges established; (4) *forestry region*, representing each of the four regions that covered the area of the PNNT, according to the State of Mexico Government classification; and (5) *percentage of hectares*, enrolled in the PHES program with respect to the total area of each community. Resulting communities were: Bienes Comunales de Calimaya de Díaz González, Ejido Palo Seco, Ejido Agua Bendita, Ejido San Francisco Oxtotilpan and Propiedad Privada Ex Hacienda la Gavia. However, during field work there was not support from the private owners of Ex Hacienda la Gavia, hence Tlaxipehualco, located in the surroundings of the PNNT, was chosen since it met the selection criteria it in order to have the representation of the three land tenure types.

Selection of sampling plots

Total area of five selected communities is 1,571 hectares, representing 3.08% of the total area of the PNNT. It was carried out a stratified random sampling in branches (Hernández et al 2006) according to land tenure; 35 sampling plots were obtained: 22 in *ejidos*, 12 in *bienes comunales*, and 1 in private property. In the cartography, plots of 100 by 100 meters were drawn and each of them was enumerated consecutively from left to right and from top to bottom; after that, random numbers were obtained to determine and select the sampling plots and finally, their geographic coordinates were gotten through ArcView, a Geographic Information System (GIS). To characterize forest conservation, forest health and anthropic activities in the sampling plots, the methodologies applied by Villavicencio-Enríquez and Valdez-Hernández (2003) and Endara (2011) were employed during field work; in other words, rectangles of 50 by 20 meters were obtained and within them, trees' species greater than 2.5 centimeter of Diameter at Breast Height (DBH 1.3 m) were estimated as well as their total height, and presence of plagues and cut stems or cut stumps. Firewood abstraction, the existence of roads or footpaths and presence of garbage were considered during field work as the main anthropic activities. Forest health

was identified as the percentage of plagued or diseased trees by mistletoe (*Arceuthobium* spp.) or by bark beetles (*Dendroctonus* spp.) per hectare.

Horizontal and vertical forests structures

The complexity and heterogeneity of forests structure are indicators of their conservation and they determine the availability of habitats (Newton y Kapos 2010). To determine the structures, trees were grouped by diameter class, in intervals of 5 centimeters starting with the interval 2.5-7.4. For horizontal structure, it was considered the number of trees per diameter class and total numbers of trees per hectare; and for vertical structure ordered by diameter class and height per type of forest, a one way ANOVA was carried out in SPSS to identify statistical significant differences between groups and to determine oppressed, dominant and co-dominant strata.

Semi-structured interviews

To evaluate the achievement of the third stated objective of PHES program of PROBOSQUE, regarding an annual payment to beneficiaries of \$124.4 US dollars per hectare (\$1,500 MXN pesos, with an exchange rate of 1 US dollar equivalent to 12.06 MXN pesos in year 2013), semi-structures interviews were carried out in the five selected communities with their key informants such as *comisario ejidal* (leader of the *ejidos*), president of *bienes comunales* and landowners.

RESULTS

General characteristics of communities

Among the five selected communities, Calimaya is the community that registered the greatest number of inhabitants, being 22-fold bigger than the smallest one of Palo Seco, excluding the private property with one owner only. The five selected communities belong to different municipalities and to four of the forestry regions according to the classification of the State of Mexico Government; they account for a total of 1,571 hectares that represent each of the three land tenure rights: approximately 63% are *ejidos*, 35% *bienes comunales* and 2% private property. The percentage of forestry area registered by communities in the PHES program of PROBOSQUE with respect to their total area ranged between less than 2% and 100%. This context is relevant since each of the peculiar

characteristics of the five communities (Table 1) influence on their inhabitants' style of life and in their type of organization, which to some extent impact directly or indirectly on the degree of conservation of their forests.

Table 1. General characteristics of the selected communities in National Park Nevado of Toluca

Community	Total population (2010)	Land tenure	Municipality	Forestry region	Hectares enrolled in PHES* program	Percentage enrolled in PHES* program with respect to total area
Bienes comunales de Calimaya de Díaz González	11,165	Bienes comunales	Calimaya	1 (Toluca)	558	1.6
Ejido San Francisco Oxtotilpan	1,435	Ejido	Temascaltepec	4 (Tejupilco)	528	6.6
Ejido Palo Seco	500	Ejido	Coatepec Harinas	6 (Coatepec Harinas)	198	99.0
Ejido Agua Bendita	594	Ejido	Amanalco	7 (Valle de Bravo)	257	6.9
Tlaxipehualco	1	Private property	Ocuilan	6 (Coatepec Harinas)	30	100.0

* Payment for Hydrological Environmental Services

Forest species by type of land tenure

During field work the identified forest species and their vertical and horizontal structures by type of land tenure (Table 2; Fig. 2, 3, 4 and 5) were as follow: in *bienes comunales* *Quercus laurina*, *Pinus hartwegii* and *Alnus sp.* (oak, pine and alder); in *ejidos* *Abies religiosa* and associations of *Pinus sp.-Quercus laurina* and *Abies religiosa-Quercus laurina* (fir, pine-oak, fir-oak); and in private property mixed forest; within this last type of forest are predominant oaks (*Quercus spp.*) combined to a lesser extent with *aguacatillo* (*Persea caerulea*), *guajes* (*Leucaena leucocephala*), pines (*Pinus spp.*), among others. In some of the forests of the selected communities, results of the one way ANOVA analysis showed for vertical structure three strata: the oppressed, the dominant and co-dominant; and in others only two strata and no strata. In some cases, horizontal structure showed characteristics of forests under conservation, where a relevant number of seedlings or trees in the diameter class 5 are predominant, which is very likely to be linked to the conservation actions carried out in the area; for example, in *bienes comunales* *Alnus sp* (alder) forest registered signs of reforestation with *Pinus*. Results showed as well in *bienes*

comunales for *Pinus hartwegii* 490 trees per hectare with a diameter ≥ 2.5 cm and the work of Endara et al (2012) registered an average density for this species of 336 trees per hectare in the PNNT.

Table 2. Oppressed, dominant and co-dominant strata in vertical structures of forests by type of land tenure

		Oppressed	Dominant	Co-dominant	Oppressed	Dominant	Co-dominant
		Diameter class (cm)			Average height (m)		
Ejidos							
Palo Seco	<i>Abies religiosa</i> (fir)	5-20	25-45	50-80	10.5	28	30.2
San Francisco Oxtotilpan	<i>Abies religiosa</i> (fir)	5-20	25-45	50-95	13.9	26.6	36
Agua Bendita	<i>Abies religiosa</i> (fir)	5-30	35-85	90-10	15.3	28.1	34
San Francisco Oxtotilpan	<i>Pinus-Quercus</i>	5-20	25-30	35-65	9	19	26.2
Agua bendita	<i>Abies-Quercus</i>	5-15	20-60	65-85	10.6	32	26.8
Bienes comunales							
Bienes Comunales de Calimaya de Díaz González	<i>Quercus</i> (oak)	5-20	20-80	N/A	7.7	11.7	N/A
	<i>Pinus sp.</i> (pine)	5-20	25-35	40-70	9	16.9	24
	<i>Alnus</i> (alder)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Fig. 2 Forests structure in Bienes Comunales de Calimaya de Díaz González

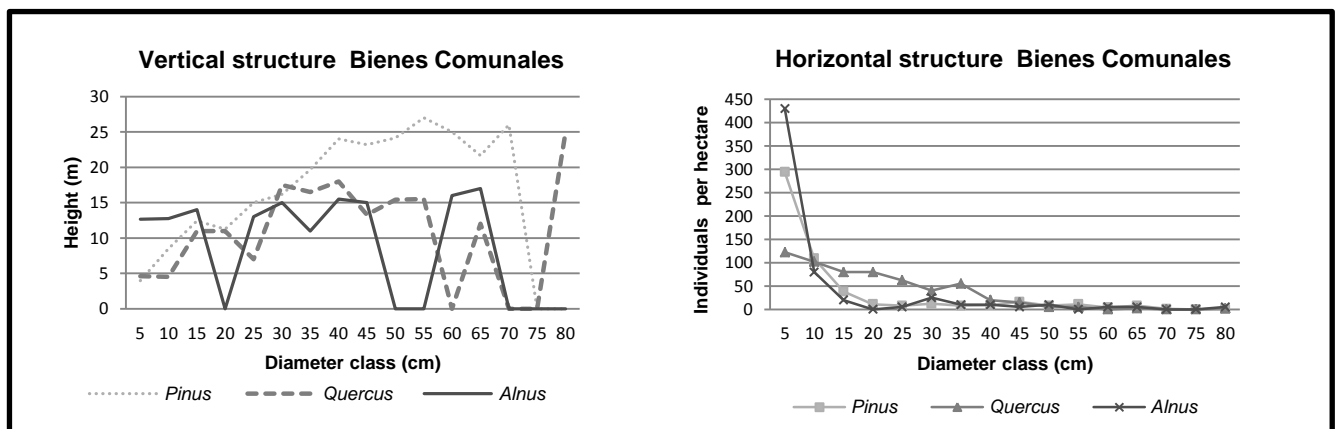


Fig. 3 *Abies religiosa* forests structure in ejidos

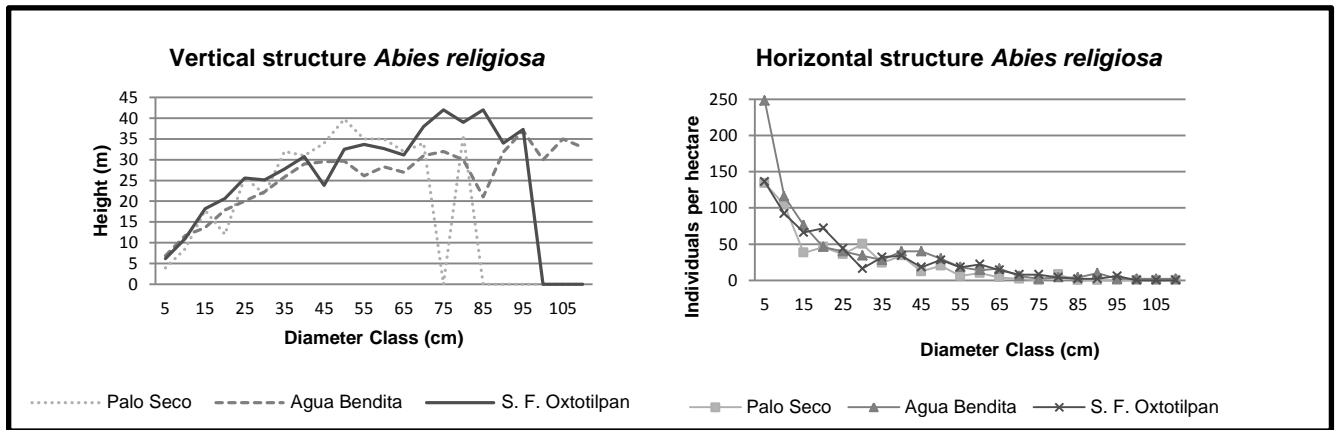


Fig. 4 *Pinus-Quercus* and *Abies-Quercus* forests structure in ejidos

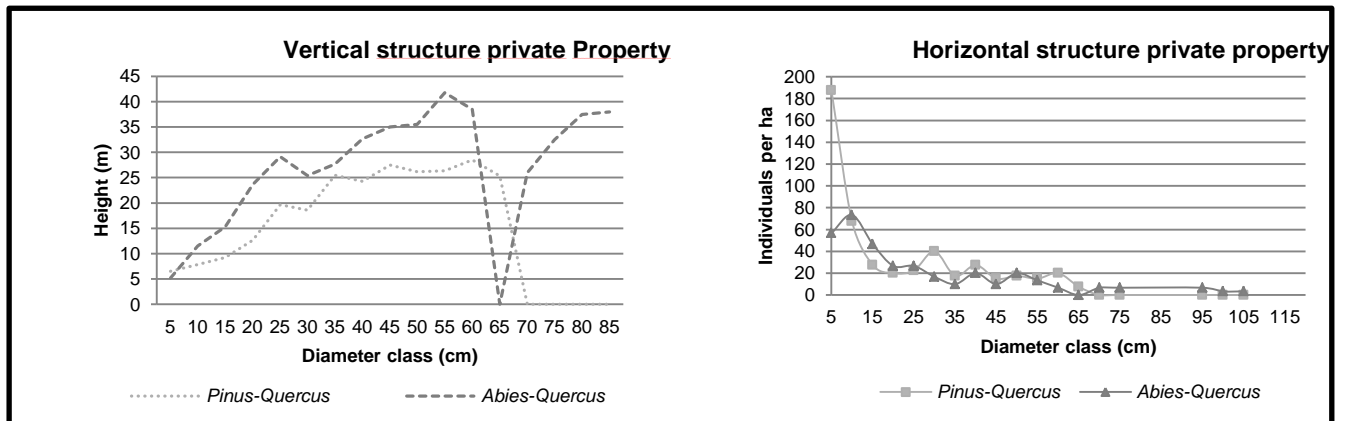
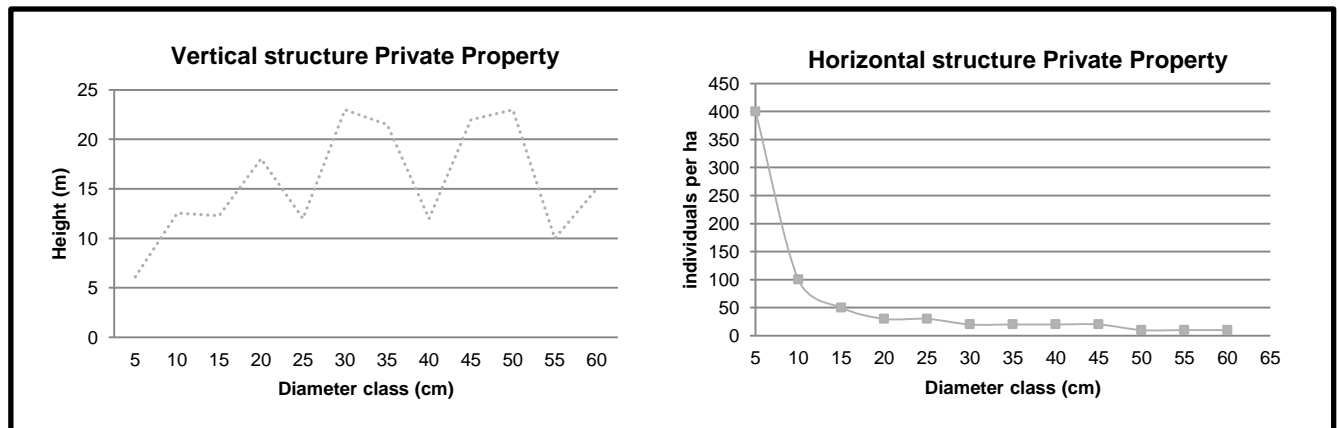


Fig. 5 Mixed forests structure in private property



Forest health, soil erosion and anthropic activity by type of land tenure

The percentage of plagued trees or the existence of cut stems or cut stumps with respect to the total number of trees per species and type of land tenure (Table 3) varied accordingly. Different studies have been focused on determining forests structure in order to know their quality, the regeneration capacity, presence of death wood, and trees density as indicators of such quality (Hitimana et al 2004). Regarding forest health, in *bienes comunales* plagued *Pinus* trees represented 6.9% of total trees per hectare; hence, plagues cannot be considered as an imminent danger in this forest nor in *Quercus* and *Alnus*, both of which did not registered plagues. In *ejidos*, on average, a 3.3% of plagued trees of *Abies religiosa* with mistletoe (*Arceuthobium spp.*) or bark beetle (*Dendroctonus spp.*) per hectare was identified. Plagues were not considered as a threat in *ejidos* where associations of *Pinus-Quercus* and *Abies-Quercus* were registered since values were lower to 3% per hectare; in other words, between 9 and 13 plagued trees per each association respectively. In private property, mixed forest were not identified with trees plagued by mistletoe (*Arceuthobium spp.*) or bark beetle (*Dendroctonus spp.*) since these plagues generally do not grow in oak (*Quercus*) trees, which is predominant in this type of forest.

Table 3. Total number of trees per hectare by species and type of land tenure

Community	Forest species	Total number of individuals per hectare
Bienes Comunales de Calimaya de Díaz	<i>Pinus</i>	894
González	<i>Alnus</i>	605
Ejido Palo Seco	<i>Quercus</i>	592
Ejido Agua Bendita	<i>Abies religiosa</i>	528
Ejido San Francisco	<i>Abies religiosa</i>	780
Oxtotilpan	<i>Abies religiosa</i>	622
Private property Tlaxipehualco	<i>Pinus-Quercus</i>	485
	<i>Abies-Quercus</i>	353
	Bosque mixto	720

Anthropic activities were registered to a different extent in the three types on land tenure. Regarding timber exploitation, in *bienes comunales* the number of cut stumps found in *Pinus*, *Quercus* and *Alnus* forests represented 16.5%, 66% and 33% respectively of the total number of sampled trees per hectare; in *ejidos* timber exploitation was also registered with an average of 77 cut stumps per hectare, without representing a severe damage to forests and for *Pinus-Quercus* and *Abies-Quercus* timber exploitation corresponded to 20.6% and 13% respectively in diameter class from 30 to 45; and in private property, cut stumps in mixed forest represented 8.3%, with diameters from 30 to 45 cm. Among the

three types of land tenure, in *bienes comunales Quercus* and *Alnus* forests registered presence of garbage as well as signs of soil erosion, including *Pinus* forests, due to, among other factors, the slope –that ranged between 0 and 20° (Cedillo 2012), type of soil –mainly *andosoles*, *luvisoles*, *chernozems* and *litosoles* (INEGI, 1976), and anthropic activity; forests are surrounded by agricultural plots.

DISCUSSION

One of the objectives of the PHES program of PROBOSQUE, analyzed at the current study, is “conservation or to increase forest cover”. Results of current research showed that forests in the PNNT are conserved; similar results have been reported by Endara et al (2012). Considering that one of the requirements to be enrolled in the PHES program of PROBOSQUE is to have dense forests, hence, it was very likely to find conserved forests. For example, in *bienes comunales Quercus*, *Pinus hartwegii* and *Alnus* behaved as a ‘primary forest’, even though there was anthropogenic activity, according to Lamprecht (1990) who mentioned that graphical representations of horizontal structure values registers the shape of an inverted letter “j” (Fig. 2); in other words, there are more trees in the first diameter classes or trees of smaller diameters. In *ejidos*, forests of *Abies religiosa* and *Pinus-Quercus* and *Abies-Quercus* associations registered an optimum conservation status; trees exceeded the 50 meters of height. Nonetheless, in these forests attention towards plagues and timber exploitation control is needed. Forests in private property also registered a conserved forests structure. The presence of *Pinus* responded to a reforestation carried out in the area. However, according to Volker and Mladenof (2003) this type of action could, at some point, modify landscape or the natural purpose of forests.

Other of the objectives of the PHES program of PROBOSQUE, also analyzed at the current study, is “to reduce the accumulation of sediments at the lower areas of basins for the conservation of water bodies and to reduce risks due to flooding”. Geographic characteristics of the communities of the PNNT such as slope and type of soils, among others, influence on the degree of forest conservation, slowing down or nullifying preservation efforts that are seen as severe erosion problems. The big number of trees found in the diameter class 5 could be related to the presence of fires (Endara et al 2012). In the PNNT, forests are surrounded by agricultural plots; the accessibility network provides an easy and/or faster access to forests and hence, timber exploitation is evident. This has also influenced on the degree of conservation of forestry resources. For example, the study of Ram (2010), carried out in Bhutan, showed that main human disturbances into

forests are related to firewood exploitation and others factors, and among the main effects were deforestation and soils erosion. Nonetheless, in this complex context, conservation actions under schemes of payment for hydrological environmental services (PHES) addressed forests problems towards an adequate achievement of conservation objectives. Since the implementation of this program, conservation actions have been taking place frequently. During field work, key informants highlighted among the main ones: erosion barriers, ditches for water storage and filtration into subsoil, fires barriers to prevent forest fires expansion, wildlife shelters, and reforestation. Jeimar (2009) mentioned that payment for environmental services is a good strategy; however, such payment should be paid only to those who deserve it. Pagiola (2011) explained that programs with government funding tend to be less efficient, although they can generate a reduction of operational costs.

The third objective of the PHES program of PROBOSQUE, also analyzed at the current study, is “to provide an annual payment of \$124.4 US dollars per hectare registered in the program to beneficiaries”. The socio-economic impacts of the program differs depending on the beneficiaries; for example, in the private property land tenure the benefits are individual and in *ejidos* and *bienes comunales* the benefit is collective or by groups. Results of interviews allowed to identify that to some communities the monetary stipend received by the program represented an income while to others a loss of it, fact that is related to the type of category that the Nevado of Toluca used to have still at the beginning of year 2013. For example, in the community of Palo Seco by tradition they have been exploiting their forests with a license and under government regulation, inspection and control. This commercial activity allows them to obtain social and economic benefits from forests; hence, their *ejidos* with forests cover located within the PNNT could be only used under the operating rules of the PHES program of PROBOSQUE, or under the ones of another program alike from federal government not analyzed at the current work. Since objectives of forest exploitation under licenses and PHES program are completely different, communities tend to obtain 2 or 3-fold lesser income within the PHES scheme. Nonetheless they are aware that due to the protected area category where some of their *ejidos* are located, it is the only option to obtain an extra income. In San Francisco Oxtotilpan and Agua Bendita the PHES program of PROBOSQUE represented an economic benefit for their communities since before enrolling in the program, they use to protect their forests but without any stipend. Hence, it is highlighted that environmental protection or forestry resources conservation was not related to the implementation of the

program, mainly in San Francisco Oxtotilpan, an indigenous community of Matlatzincas where conservation actions have been taking place since their ancestors.

The work of Franco-Maass et al (2008) carried out in the PNNT highlighted that the PHES program has not generated a deep or structural change regarding the traditional use, management and conservation of forests under payment schemes; in other words, communities that have been participating in such program are not willing to change their life styles despite of the implementation of a payment.

Humankind care more about current or present time than the future; therefore, many aspects have influenced on forests degradation, including lack of information as well as lack of capital for an adequate forest management (INE, 2006). Organization and number of members participating are key factors, among others, towards successful operation of PHES program; for example, within private property land tenure decisions are taken by a single person and in *ejidos* and *bienes comunales*, decisions are taken by assemblies where the majority of members have to agree. Another key factor related to the structure of the program itself is related to lack of rigorous evaluation of the program. Key informants highlighted that according to their experience the relevance lies on the fact of carrying out the conservation actions that they agree to do rather than on the quality of how they are done, nor on their efficacy. There is also a lack of monitoring and assessment of such conservation actions. Further research could be focused towards assessing the institutional capacities, human capital and resources of PROBOSQUE to determine the viability of implementing an efficient monitoring and follow-up of the program. This lack of rigorous monitoring constrains the efficient achievement of the PHES program objective regarding the conservation or increase of forest cover to guarantee water supply. In this context, such program could be regarded as a subsidy to poverty. For example, Thiau and Munang (2012) emphasized that poverty alleviation is a primary objective of payment for environmental services (PES) schemes and Wunder (2006) highlighted that in Costa Rica, 10% of the household income depended on PES schemes in the first decade of the XXI century. However, the author emphasized that only poor people owing or with access to land can be benefitted from PES schemes.

Intangible benefits to local and global societies provided by conservation actions in forests under PES schemes are significant enough to carry on further studies in this field that can contribute to their better operation and achievement of goals. Local residents in rural environments are aware of such types of intangible benefits such as carbon storage and

sequestration. Nonetheless, lack of adequate information can bias their perceptions, generally based on political discourse shown on communication media rather than on scientific information. For example, in the PNNT some key informants mentioned the relevance of carbon capture and sequestration in this protected area; however, the study of Franco (2009) evidenced that due to the characteristics of forests in this area, forests tend to emit more carbon to the atmosphere (caused by forest cover loss) than the one that they sequester or storage.

CONCLUSIONS

Under a complex context, Payments for Hydrological Environmental Services schemes have reached positive results despite of their many drawbacks since the program addresses forests problems towards an adequate achievement of conservation objectives, throughout actions such as erosion barriers, ditches for water storage and infiltration, fires barriers, wildlife shelters, reforestation, among others. However, the quality of such actions is the main concern. Conservation of forests varies by type of land tenure and trees species; vertical and horizontal structures of forests showed that forest in *ejidos* are better conserved than those in *bienes comunales* and private property.

Anthropic, social, economic and environmental factors influence on the degree of forest conservation. Close proximity of human settlements and accessibility networks to forests impact on forestry resources exploitation. Number of members influencing in the decision making process, quality of organization among groups, ancestral traditions and the amount of the stipend, all can benefit or not and impact on the extent of commitment of actions taken towards a protection or conservation of forests. Environmental factors as slopes, without proper human intervention, speed up erosion. Plagues and fires vary depending on trees species affecting to different degree forests health.

ACKNOWLEDGMENTS

To *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología* (CONACYT) for the scholarship provided to do postgraduate studies and to *Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología* (COMECYT) for the grant for postgraduate graduation of Carlos Rubén Aguilar Gómez. To *Universidad Autónoma del Estado de México* for the funding of the project “*Mapeo de valores comunitarios en México y el Norte de Texas y evaluación de pago por servicios ambientales hidrológicos*” with registration number 3138/FS2012. To *Programa de*

Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) for the funding of two projects: (a) "Percepción de las comunidades locales de los servicios ambientales para la captura de carbono en el Parque Nacional Nevado de Toluca" with registration number PROMEP/103.5/10/4368, and (b) Proyecto Red Ibero-Latinoamericana para el Aprovechamiento y Conservación de Recursos Bióticos (RILACREB) named "Aprovechamiento y protección del conocimiento etnobotánico tradicional y de la agrobiodiversidad: estudios de caso "zona centro del estado de Veracruz" y "Parque Nacional Nevado de Toluca". To Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). To all participating representatives and members of the communities involved in the current research.

REFERENCES

Brunett Edgar, Baró, José Emilio, Cadena Edel, Esteller María Vicenta. 2010. Pago por servicios ambientales hidrológicos: caso de estudio Parque Nacional del Nevado de Toluca, México, *Ciencia Ergo Sum* 17(3): 286-294.

Candau Dufat Rafael, Franco Maass Sergio. 2007. Dinámica y condiciones de vida de la población, del Parque Nacional Nevado de Toluca (PNNT), en la generación de presión a los sistemas circundantes. *Investigaciones geográficas* 062: 44-68.

Cedillo Alonso Martha. 2012. Distribución espacial y análisis de la presencia de plagas forestales en el Parque Nacional Nevado de Toluca [Tesis de licenciatura]. Toluca, Mexico: Universidad Autónoma del Estado de México.

Endara Agramont Ángel Rolando, Mora Santacruz Antonio, Valdez Hernández Juan Ignacio. 2011. *Bosques y árboles del trópico mexicano*, 1° edición. Jalisco, Mexico: Prometeo Editores, Universidad de Guadalajara.

Endara Agramont Angel, Franco Maass Sergio, Nava Bernal Gabino, Valdez Hernández Juan Ignacio, Fredericksen Todd S. 2012. Effect of human disturbance on the structure and regeneration of forests in the Nevado de Toluca National Park, México. *Journal of Forestry Research* 23(1): 39-44.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) 2003. *El Papel de la Ganadería en la deforestación. Ganadería Ambiente y Desarrollo.*

<http://www.fao.org/agriculture/lead/themes0/deforestation/es/>; accessed on 21 November 2012.

Franco Maass Sergio, Regil García Hector Hugo, Ordoñez Díaz José Antonio Benjamin 2006. Dinámica de perturbación-recuperación de las zonas forestales en el Parque Nacional Nevado de Toluca. *Madera y Bosques* 12(1): 17-28.

Franco Maass Sergio. 2009. *Estimación de la captura de carbono en zonas forestales, el caso del Parque Nacional Nevado de Toluca.* Estado de México, Mexico: Universidad Autónoma del Estado de México press.

Franco-Maass Sergio, Nava-Bernal Gabino, Endara-Agramont Angel, González-Esquivel Carlos. 2008. Payments for Environmental Services: An Alternative for Sustainable Rural Development? The Case of a National Park in the Central Highlands of Mexico. *Mountain Research and Development* 28(1): 23–25.

Funk Jason, Kerr Suzi. 2007. Restoring Forests through Carbon Farming on Māori Land in New Zealand / Aotearoa *Mountain Research and Development* 27(3): 202-205.

Granados Sánchez D, López Ríos GF, Hernández García MA. 2007. Ecología y Silvicultura en bosque templados. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente* 13(1): 67-83.

Hernández Sampieri, Collado Fernández Carlos, Baptista Lucio Pilar. 2006. *Metodología de la Investigación*, 4a edición (1st edition 1991). DF, Mexico: Mc Graw Hill.

Hitimana Joseph, James Legilisho Kiyapi, Joseph Thairu Njumge. 2004. Forest structure characteristics in disturbed and undisturbed sites of Mt. Elgon Moist Montane Forest, Western Kenya. *Forest Ecology and Management* 194: 269-291.

INE (Instituto Nacional de Ecología), 2006. *Situación general existente en las comunidades agrarias con respecto al manejo de los recursos naturales.* http://ine.gob.mx/descargas/dgipea/ejido_conserv_3.pdf; accessed on 22 November 2012.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática), 1976. *Carta Edafológica: E14A47, Volcán Nevado de Toluca 1:50,000*.

Jeimar Tapasco. 2009. Formalización de un modelo de pago por servicios ambientales a nivel de cuenca y algunas de sus incidencias sobre la pobreza rural. *Cuadernos de Desarrollo Rural* 6(63): 87-105.

Klooster Daniel. 1996. Como no conservar el bosque: la marginalización del campesino en la historia forestal Mexicana. *Bosque y Plantaciones Forestales, Cuadernos Agrarios* 14:144-156.

Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los trópicos*. Instituto de silvicultura de la Universidad de Gottingen. Alemania.

Manson Robert H. 2004. Los servicios hidrológicos y la conservación de los bosques en México. *Madera y Bosques* 10(1): 3-20.

Martínez-Cruz Diego Armando, Bustamante-González Ángel, Jaramillo-Villanueva José Luis, Silva-Gómez Sonia Emilia, Tornero-Campante Mario Alberto, Vargas-López Samuel. 2010. Disposición de los productores forestales de la región Izta-Popo a aceptar pagos por mantener los servicios ambientales hidrológicos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 12(3): 549-556.

MEA (Millenium Ecosystem Assessment) 2005. Analytical Approaches for Assessing Ecosystem Condition and Human Well-being. <http://www.maweb.org>; accessed on 10 November 2011.

Monz Christopher A, Marion Jeffrey L, Goonan Kelly A, Manning Robert E, Wimpey Jeremy and Carr Christopher. 2010. Assessment and Monitoring of Recreation Impacts and Resource Conditions on Mountain Summits: Examples from the Northern Forest, USA. *Mountain Research and Development* 30(4): 332-343.

Newton Adrian C, Kapos Valerie. 2010. Indicadores de la biodiversidad en inventarios Forestales Nacionales. *Centro Mundial de Vigilancia de la Conservación del PNUMA*, Cambridge, United Kingdom.

Pagiola Stefano. 2011. Pagos por servicios ambientales, Lecciones de México para América Latina, Lecciones de América Latina para México, Departamento de Desarrollo Sustentable, región Latino América y Caribe, Banco Mundial. In: Congreso Internacional de Pago por Servicios Ambientales, Proceedings, Ixtapan de la Sal, Mexico.

PROBOSQUE (Protectora de Bosques), 2011. Programa para el Pago de Servicios Ambientales Hidrológicos, Gobierno del Estado de México, Mexico.

Ram Moktan Mani. 2010. Impacts of Recent Policy Changes on Rural Communities and Species Diversity in Government-Managed Forests of Western Bhutan. *Mountain Research and Development* 30(4): 365-372.

Rojas Merced Eric Edmundo, Valdez Pérez Ma. Eugenia, Mireles Lezama Patricia, Reyes Enríquez Armando, Pastor Medrano Jesús. 2007. Estimación de la producción de agua del Parque Nacional Nevado de Toluca para el año 2006. *Quivera* 9(1): 159-176.

Thiaw Ibrahim, Munang Richard. 2012. RIO+20 outcomes recognize the value of biodiversity and ecosystems: Implications for global, regional and national policy, *Ecosystem Services* 1 (12): 121-122.

Villavicencio-Enríquez L, Valdez-Hernández, JI. 2003. Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal rusticano de café en San Miguel, Veracruz, México. *Agrociencia* 37(4): 413-423.

Volker C. Radeloff, David J. Mladenoff. 2003. Landscape Ecology In: Young A, Ronald L Giese, editors. 2003. *Introduction to Ecosystem Science and Management*. Madison Wisconsin University: John Wiley& Sons.

Wunder Sven. 2006. Payments for environmental services: some nuts and bolts, *Center for International Forestry Research*. Indonesia.

De acuerdo a las entrevistas realizadas con los representantes de las comunidades, informantes clave y la población, se encontró que la forma en que perciben el PSAH difiere en cuanto a la aplicación, la operación y la aceptación del mismo, sin embargo las características de éstas comunidades no son iguales e incluso los estilos de vida están establecidos de acuerdo a las oportunidades, geografía y percepción de los recursos de cada centro poblacional.

Del total de las cinco comunidades, se encontró una gama de actividades antrópicas para subsistir, dentro de las cuales pueden describirse el aprovechamiento forestal, la agricultura, el arrendamiento y los oficios laborales fuera de las comunidades.

6.2 Evaluación Multicriterio

Los resultados de la EMC permiten identificar el estrato con mejor conservación de su bosque y suelo, mostrando que los Ejidos presentan por orden de preferencia la mejor opción en cuanto a conservación seguido por la Propiedad Privada y los Bienes Comunales.

Cuadro 11. Matriz de criterios ponderados.

Aij	C1W1	C2W2	C3W3	C4W4	C5W5	Total
Ejidos	0.20870958	0.07901211	0.080113579	0.04873824	0.0246014	0.44117491
B. Comunales	0.14609671	0.05267474	0.024034074	0.03411677	0.0123007	0.26922299
P. Privada	0.06261287	0.13168684	0.056079505	0.01462147	0.0246014	0.2896021

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 12. Orden de preferencia

Aij	Orden
Ejidos	1
B. Comunales	3
P. Privada	2

Fuente: Elaboración propia

7. DISCUSIÓN

El papel que juega el programa de PSAH varía entre las comunidades estudiadas así como la percepción que se tiene de éste. Para unas comunidades representa un ingreso económico mientras que para otras, las áreas de bosque registradas en dicho programa implican una pérdida económica. Por ejemplo, la comunidad de Palo Seco por tradición se ha dedicado al aprovechamiento forestal de sus ejidos, que les permite obtener beneficios económicos y sociales a través del bosque; por tanto, el beneficio económico que perciben de sus ejidos registrados en el programa de PSAH es limitado o menor.

En el caso de los ejidos de San Francisco Oxtotilpan y Agua Bendita, el programa de PSAH representa una ayuda económica para la comunidad ya que anteriormente cuidaban sus bosques pero sin una retribución económica. Sin embargo, el interés por el cuidado ambiental o la conservación de los recursos no fue a raíz de este programa, principalmente en San Francisco Oxtotilpan, comunidad indígena de Matlatzincas que desde sus ancestros han realizado acciones de conservación. El estudio realizado por Franco-Maass *et al.* (2008), en el PNNT resalta que las comunidades que participan en el programa de PSAH no tienen la disposición para cambiar sus estilos de vida aún a pesar de este esquema de pago; es decir, el programa no está generando un cambio profundo en el uso, manejo tradicional y conservación de los bosques. Por otra parte, en el estudio del INE (2006), se identificó que son varias las razones que influyen en la degradación de los bosques, destacando que el presente importa más que el futuro y la falta de información y capital para un manejo forestal adecuado. Así mismo, se resalta que los pagos de estos programas son anuales y generalmente no se brinda el apoyo necesario para manejarlos adecuadamente. Además, previo al registro como beneficiarios del programa, los interesados deben asumir los costos de gestión y transporte.

Algunos informantes clave enfatizaron que dentro del programa de PSAH la importancia radica en la realización de acciones de conservación y no en su eficacia; es decir, no se monitorea ni se evalúa el impacto de dichas acciones. Esta es una limitante para alcanzar el objetivo principal del programa de PSAH que es conservar o aumentar la cobertura forestal para garantizar la provisión de agua; desde esta perspectiva dicho programa se puede visualizar como un subsidio a la pobreza.

En general las acciones de conservación bajo el PSAH, responde a un buen cumplimiento del mismo, Pagiola (2012), explica que los programas financiados por el gobierno tienden

a ser menos eficientes, aunque también pueden generar una disminución en sus costos de operación y advierte que con una década de operación todavía hay que aprender. Mientras que el PSA es una buena estrategia solo hay que otorgar el pago a quienes lo merecen (Jeimar, 2009). El PSAH origina resultados que describen la conservación del bosque, sin embargo, las declaraciones antes descritas deberán ser tomadas en cuenta y a favor de obtener una mejor percepción del mismo, contemplando ejemplos en otros lugares, por ejemplo un estudio parecido en Buthan (Ram, 2010), reveló las principales causas de los disturbios humanos en los bosques de coníferas relacionados con deforestación, extracción de leña y erosión de suelos, este estudio coincide con los resultados obtenidos en la presente investigación y refuerza las posibles causas expresadas en el mismo, y el porqué de los estados actuales encontrados en el bosque para cada una de las especies. Por último, es necesario señalar que el PSAH contempla los bosques densos, por esta razón las probabilidades de encontrar conservado el bosque fueron altas. La Evaluación Multicriterio permitió identificar las cualidades del bosque a través del tipo de tenencia de la tierra, en donde los Ejidos resultaron con mejor conservación y debido a las características sociales y ambientales encontradas en estas comunidades los resultados concordaron en dicha metodología, el segundo tipo de tenencia de la tierra con mejores condiciones forestales fue la Propiedad Privada en donde un solo dueño no tiene que lidiar con la organización de varias personas y el interés propio lo impulsa a tener su bosque conservado, finalmente los Bienes Comunales presentan un menor grado de conservación, posiblemente derivado de la geografía y la cercanía de las poblaciones con los bosques registrados en el programa.

8. CONCLUSIONES

La percepción de las comunidades se encuentra diferenciada de acuerdo a los estilos de vida de cada una, la interacción con el bosque, las autoridades y la información.

El PSAH en el Estado de México cumple con los objetivos de su aplicación, sin embargo, no hay evidencias suficientes para conocer si las obras de conservación y los pagos por hectárea son un motivo de conservación forestal en el PNNT.

La falta de evaluación y monitoreo del PSAH se presenta como una limitante para conocer de qué forma está operando y que impacto social, económico y ambiental está generando.

La cercanía de las poblaciones con las zonas forestales que participan en el programa tiene un impacto negativo en su conservación y están relacionadas con deforestación, extracción de leña y erosión de suelos.

De acuerdo a la Evaluación Multicriterio y los muestreos de campo los Ejidos son quienes conservan más el bosque, respecto a los Bienes Comunales y la Propiedad privada, resultando en el orden de preferencia con datos más favorables.

Es importante profundizar y documentar en estudios futuros las experiencias de los beneficiarios del programa en el PNNT respecto a las áreas de oportunidad del programa y las limitantes del mismo, tomando también en cuenta las experiencias en otros lugares que han sido guiadas por expertos.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banks Marcus, 2010, Los datos visuales de la Investigación Cualitativa. Ediciones Morata S.L. Madrid, España.

Brunett Edgar, Baró José Emilio, Cadena Edel, Esteller María Vicenta, 2010, Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos: Caso de estudio Parque Nacional Nevado de Toluca. México, Ciencia Ergo Sum, Universidad Nacional Autónoma del Estado de México. Toluca, México.

Candau Dufat, Sergio Franco Maass, 2007. Dinámica y condiciones de vida de la población del Parque Nacional Nevado de Toluca (PNNT) en la generación de presión a los ecosistemas circundantes y de impactos ambientales a través de un Sistema de Información Geográfica. Investigaciones Geográficas, abril número 62 Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito federal, México.

Endara Agramont Angel, Franco Maass Sergio, Nava Bernal Gabino, Valdez Hernandez Juan Ignacio, Fredericksen Todd S., (2011) Effect of human disturbance on the structure and regeneration of forests in the Nevado de Toluca National Park, México. Journal of Forestry Research. Berlín.

Franco Mass Sergio, Regil García Héctor Hugo, Benjamín Ordóñez, 2006. Dinámica de perturbación-recuperación de las zonas forestales en el Parque Nacional Nevado de Toluca. Madera y Bosques año/vol. 12 número 001, Instituto de Ecología A.C. Xalapa, México pp. 17-28.

Franco-Mass Sergio, Nava-Bernal Gabino, Endara-Agramont Angel, González-Esquivel Carlos, 2008. Payments for Environmental Services: An alternative for sustainable Rural development, The case of a National Park of a central highlands of México. Mountain Research and Development Vol 28 No 1 Feb 2008: 23–25 doi:10.1659/mrd.0971

Franco Mass Sergio, Osorio García Maribel, Nava Bernal Gabino, Regil García Héctor Hugo (2009), Evaluación Multicriterio de los Recursos Turísticos Parque Nacional Nevado de Toluca – México, Estudios y perspectivas en Turismo, volumen 18 pp. 208-226.

FAO (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN) Estudios Sobre Tenencia de la tierra, (2003) Tenencia de la Tierra y Desarrollo Rural, Roma, Italia.

FAO, 2011. Consulta en línea. Acceso el 12 diciembre 2012.

García Romero Arturo, Mendoza Robles Karla Ivette, Galicia Sarmiento Leopoldo, (2005). Valoración del paisaje de la selva baja caducifolia en la cuenca baja del Río Papagayo, Guerrero, México, Investigaciones geográficas, Boletín del Instituto de Geografía UNAM, Distrito Federal, México.

Gaceta de Gobierno del Estado de México, 13 de Agosto de 2007.

Gaceta de Gobierno del Estado de México, 3 de Diciembre de 2007.

Gaceta de Gobierno del Estado de México, 24 de Diciembre de 2009.

Gaceta de Gobierno del Estado de México, 8 de Febrero de 2011.

GEM, Gobierno del Estado de México, 2012.

Geilfus, Frans, 2002. 80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación – San José, C.R.: IICA, 2002.

Gerring Jhon, 2001, Social Science Methodology, A Criterial Framework. Cambridge University Press, United Kingdom.

Hatt Paul K., William J. Goode, 1990, Métodos de Investigación Social. Editorial trillas D.F. México.

Hernández Sampieri, Collado Fernández Carlos, Baptista Lucio Pilar, 2006. Metodología de la Investigación, 4ª edición, Mc Graw Hill, México, DF.

INE (2006), Instituto Nacional de Ecología consulta en línea, <http://www.ine.gob.mx/index.php>

INE (2008), Instituto Nacional de Ecología consulta en línea, <http://www.ine.gob.mx/index.php>

INE (2009), Instituto Nacional de Ecología consulta en línea
<http://www.ine.gob.mx/index.php>

INE (2010), Instituto Nacional de Ecología consulta en línea,
<http://www.ine.gob.mx/index.php>

Jeimar Tapasco (2009), Formalización de un modelo de pago por servicios ambientales a nivel de cuenca, y algunas de sus incidencias sobre la pobreza rural, Colombia.

Millenium Ecosystem Assessment (2005). Consulta en línea
<http://www.maweb.org/en/index.aspx>

Ordoñez Díaz José, Antonio Benjamín, (2008), Como entender el manejo forestal, la captura de carbono y el pago de servicios ambientales, Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Parada Corrales Jairo (2007), Sociedad y evaluación de programas sociales en el realismo crítico: una revisión crítica. Investigación y desarrollo, Universidad del Norte, Barranquilla Colombia.

Pagiola, Stefano 2007, Payments for Environmental Services in Costa Rica, Environment Department, World Bank, Washington DC, USA.

Pacheco Juan Francisco, Contreras Eduardo (2008), Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES), Santiago de Chile.

Pérez Maqueo Octavio, Delfín Cristian, Fregoso Alejandra, Cotler Helena, (2006), Modelo de simulación para la elaboración y evaluación de los programas de servicios ambientales hídricos, Gaceta Ecológica, Instituto Nacional de Ecología, Df. México.

Russel Bernald H., 2000, Social Research Methods, Qualitative and Quantitative Approaches. Sage Publications Inc. U.E.A.

Ram M. M. (2010). Impacts of Recent Policy Changes on Rural Communities and Species Diversity in Government-Managed Forests of Western Bhutan. *Mountain Research and development* 30(4):365-372 doi: <http://dx.doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-10-00015.1>

Rojas Merced Erick Edmundo, Valdez Pérez Ma. Eugenia, Mireles Lezama Patricia, Reyes Enríquez Armando, Pastor Medrano Jesús, Estimación de la producción de agua superficial de Parque Nacional Nevado de Toluca, para el año 2006. Quvera, año/vol. 9, número 001, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca México, pp. 159-176

Ruiz Pérez M., C. García Fernández, J. A. Sayer., 2007, Los Servicios Ambientales de los Bosques, ecosistemas, pp. 80-89.

Saaty Thomas, 1997, Toma de Decisiones Para Lideres. Universidad de Santiago de Chile.

Tejeda Fernández José (2004), Evaluación de programas, Investigación e Innovación formativa, México.

Torres Rojo Juan Manuel (2001). Potencial de México para la producción de servicios ambientales, CIDE & INE.

UN (2004), Naciones Unidas consulta en línea. Acceso 22 de noviembre de 2011

UN (2009), Naciones Unidas consulta en línea. Acceso 18 de agosto de 2012

UN (2013), Naciones Unidas consulta en línea. Acceso 13 de febrero de 2011

Wunder Sven (2006), Payments for environmental services: Some nuts and bolts, Center for International Forestry Research. Indonesia

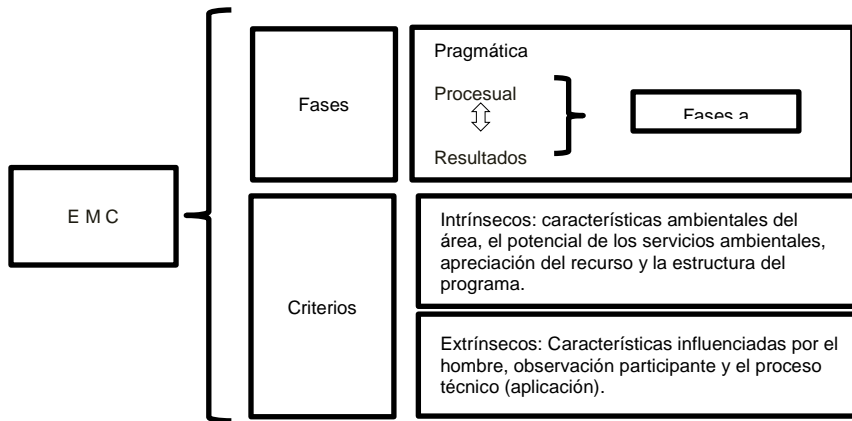
10. ANEXOS

Anexo 1. Municipios que han aportado al Pago por Servicios Ambientales (64)

Acambay	Coatepec	Ixtlahuaca	Papalotla	Temamatla
Acolman	Harinas	Jilotzingo	Polotitlan	Temascalapa
Aculco	Cocotitlán	Juchitepec	Rayón	Temascalcingo
Almoloya del Río	Cauautitlán	Luvianos	San Antonio la	Temascaltepec
Amanalco	Chapultepec	Mexicaltzingo	Isla	Temoaya
Apaxco	Chiautla	Morelos	San Felipe del	Tenango del Aire
Atlautla	Chiconcuac	Nopaltepec	Progreso	Tepetlaoxtoc
Axapusco	Donato Guerra	Ocoyoacac	San José del	Tepetlixpa
Ayapango	Ecatzingo	Ocuilan	Rincón	Tepotzotlán
Calimaya	Huehuetoca	Otzoloapan	San Simon de	Texcoco
Capulhuac	Hueypoxtla	Otumba	Guerrero	Tiangusitenco
	Ozumba	Sultepec	Tejupilco	Zacualpan
Isidro Fabela				
Villa de Allende	Villa del Carbón	Villa Guerrero	Villa Victoria	Xalatlaco
		Tlalmanalco	Timilpan	
Tonatico	Tonanitla			

Fuente: Elaboración propia

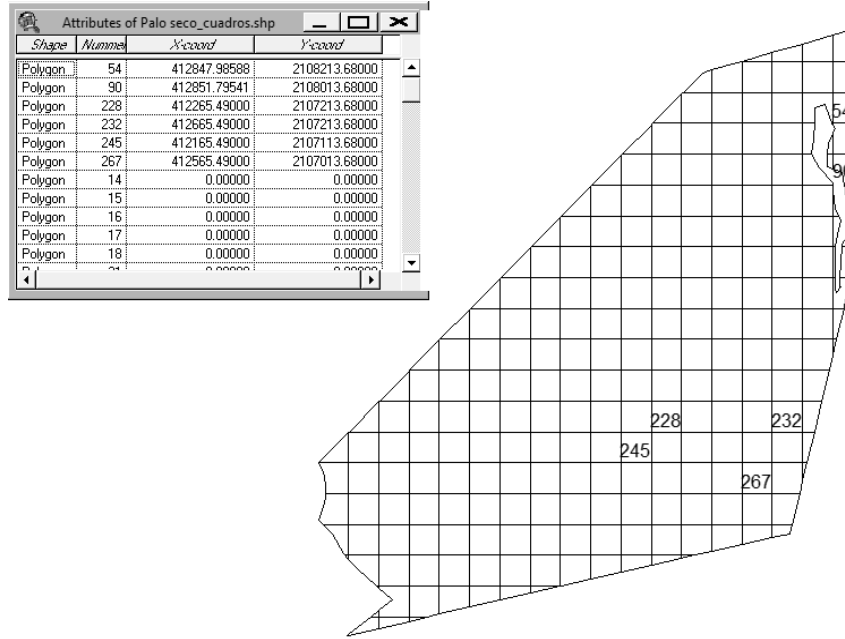
Anexo 2. Virtudes de la Evaluación Multicriterio



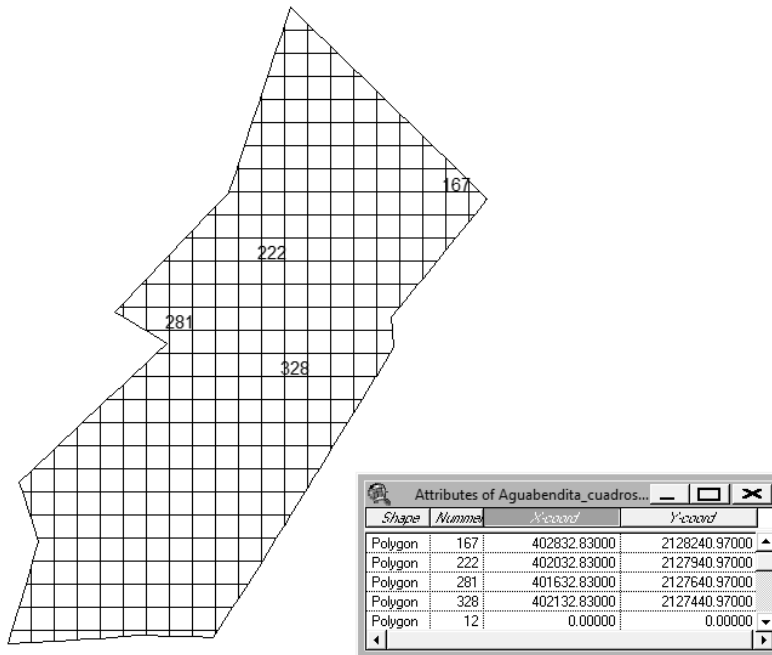
Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Polígonos participantes en el PSAH (2011).

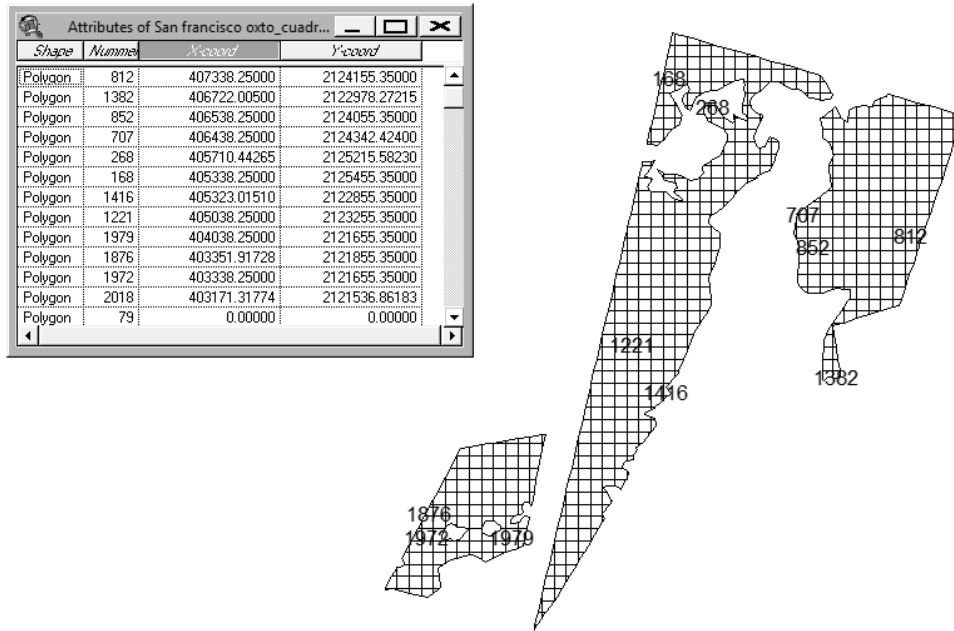
Palo seco



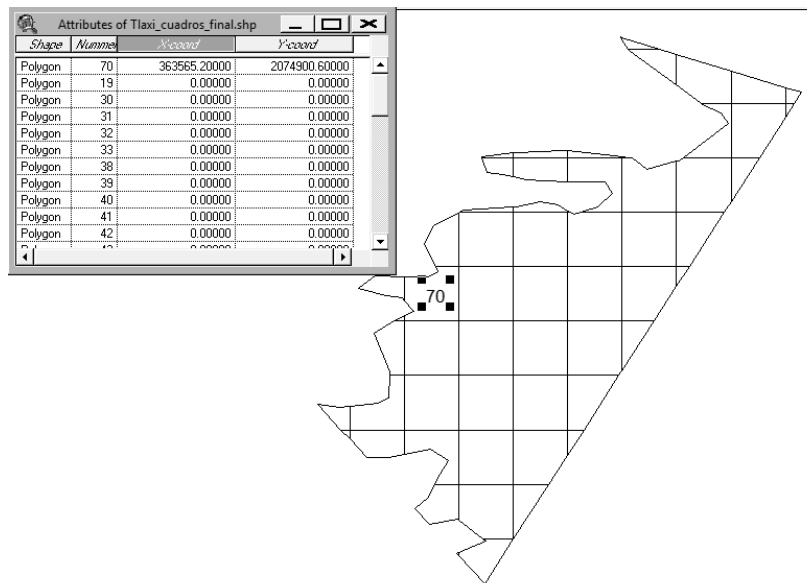
Agua Bendita



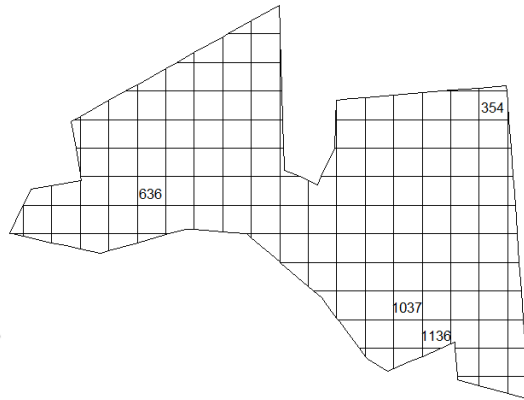
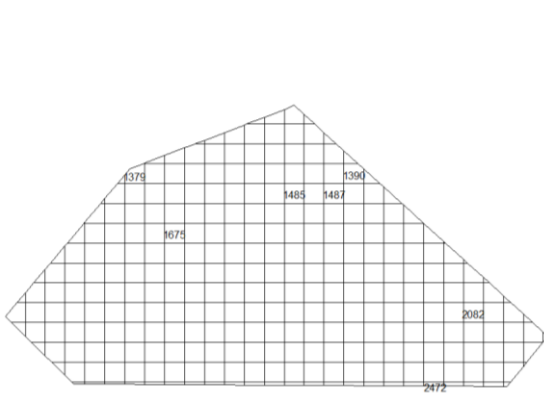
San Francisco Oxtotilpan



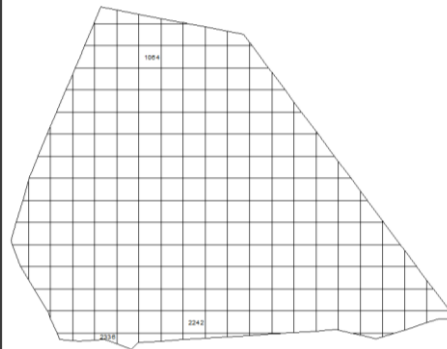
Tlaxipehualco



Bienes Comunales de Calimaya



SHAPE	NUMBERS	X-COORD	Y-COORD
Polygon	354	428486.80000	2116866.81000
Polygon	1136	428286.80000	2116066.81000
Polygon	1037	428186.80000	2116166.81000
Polygon	636	427286.80000	2116566.81000
Polygon	2082	424886.80000	2115066.81000
Polygon	2472	424686.80000	2114706.74626
Polygon	1390	424286.80000	2115766.81000
Polygon	1487	424186.80000	2115666.81000
Polygon	1485	423986.80000	2115666.81000
Polygon	1675	423386.80000	2115466.81000
Polygon	1379	423186.80000	2115766.81000
Polygon	246	0.00000	0.00000



Shape	Numme	X-coord	Y-coord
Polygon	1064	430886.80000	2116166.81000
Polygon	2242	431086.80000	2114966.81000
Polygon	2336	430686.80000	2114892.31491
Polygon	147	0.00000	0.00000
Polygon	148	0.00000	0.00000
Polygon	149	0.00000	0.00000
Polygon	150	0.00000	0.00000
Polygon	151	0.00000	0.00000
Polygon	243	0.00000	0.00000
Polygon	244	0.00000	0.00000
Polygon	245	0.00000	0.00000
Polygon	246	0.00000	0.00000

Anexo 4. Formulario de muestreo Forestal

Evaluación de la vegetación en el rectángulo de 1000 m 2								hoja
DN= Diám. Altura de pecho, DC=Diám. de copa					Clave de conglomerado: 1			1
AT= Altura total, AFL= altura del fuste limpio.								
No.	Especie	C	DAP (cm)	DC (m)	A.T. (m)	A.F.L.	Daño	Grado d. D.

Fuente: Ángel Endara Agramont (2010).