



# El Colegio de la Frontera Sur

Monitoreo y manejo de senderos en la Reserva  
Ecológica Moxviquil, Chiapas

TESIS

presentada como requisito parcial para optar al grado de  
Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

por

Edgar Romero Aguila

2012

## Dedicatoria

A la Reserva Ecológica Moxviquil, una de varias áreas naturales protegidas privadas en México que luchan constantemente por mantenerse a flote, dentro de un complejo contexto social y limitaciones financieras, de personal y capacitación. Espero que este trabajo sea de utilidad para el manejo de la reserva

A mis padres, hermanos y a ti Annie

## Agradecimientos

Hay muchas instituciones y personas a quienes les agradezco al final de este trabajo. A USAID, la agencia de ayuda internacional para el desarrollo del gobierno del Estados Unidos de América por el financiamiento otorgado para realizar estudios en ese país. A Colorado State University por la beca otorgada para estudiar en esa institución y la preparación académica recibida. A El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) por la beca de estudios y manutención, así como la formación académica recibida en esta institución. A George N. Wallace por haberme invitado a participar en su proyecto experimental, por sus enseñanzas académicas y lecciones de sabiduría personal. A Ryan Finchum y Ch'aska por su amistad y apoyo logístico en Fort Collins durante mis estudios. A Eduardo Bello por su amistad, apoyo en todo momento, su paciencia conmigo y asesoría académica. A Eduardo Naranjo por su amistad, apoyo desde mi primer día en Ecosur y asesoría académica. A Miguel Angel Vásquez y Brett Bruyere por su amistad, apoyo y asesoría académica. A Pronatura Sur por las facilidades otorgadas para realizar el trabajo de campo en la Reserva Ecológica Moxviquil. A Fernando Alvarado, el guardaparque de Moxviquil en el tiempo de trabajo de campo, por su amistad y apoyo a mi estudio.

A mis padres y Annie por su amor, ánimos, paciencia, y apoyo en todo momento y de muchas formas para que concluyera este trabajo sin lo cual no hubiera sido posible. A Idolina, Nancy, Aracely y Erika de la Universidad Intercultural de Chiapas por su apoyo en conteo de visitantes en Moxviquil y captura de datos. A Diego y Emmanuel del Laboratorio de Información Geográfica y Estadística (LAIGE) de ECOSUR por el apoyo y asesorías para el uso del GPS y el software de información geográfica, por la edición de mapas y permitirme utilizar su software para crear los mapas. A Hermilo y José de la biblioteca de ECOSUR por disponibilidad y ayuda en la búsqueda de información bibliográfica y mapoteca. A todos mis queridos amig@s, compañer@s profesores y personal de ECOSUR y Colorado State University que son muchos, personas que de muchas maneras me acompañaron en distintos momentos, me brindaron su amistad, compañía y ayuda. A Claudia Hernández de posgrado por su apoyo resolviéndome dudas y servicios eficientes en todo momento, particularmente en la recta final. A Paula Enríquez y Luis Bernardo Vázquez, los revisores del manuscrito, sus comentarios ayudaron mucho a mejorarlo.

Este documento se hizo en Chiapas, Quintana Roo y San Luis Potosí.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	6
I. INTRODUCCIÓN .....	7
1.1. Antecedentes .....	7
1.2. Presentación del problema de estudio .....	11
1.3. Preguntas de investigación .....	13
1.4. Objetivos .....	14
1.5. Organización de la tesis.....	14
II. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. Concepto de ecología de la recreación y el manejo de impacto de visitantes .....	16
2.2. Importancia de los senderos en las áreas naturales protegidas.....	17
2.3. Impactos biofísicos y sociales por el uso de senderos .....	18
2.4. Importancia del manejo temprano de los impactos relacionados con el uso de senderos.....	20
2.5. Factores que intervienen en el deterioro de los senderos .....	21
2.6. Importancia del monitoreo de usuarios e impactos de sus actividades.....	26
2.7. Métodos para el monitoreo de usuarios.....	28
2.8. Métodos para la evaluación y monitoreo de los recursos en senderos .....	29
2.9. Necesidad de realizar estudios de monitoreo de usuarios de senderos y sus impactos en México y América Latina.....	32
III. MÉTODOS.....	33
3.1. Descripción del Área de Estudio.....	33

3.2. Características del diseño de investigación.....	39
3.3. Inventario y mapeo de senderos de la REM.....	39
3.4. Encuesta a usuarios de los senderos.....	43
3.5. Cuento de visitantes.....	46
IV. RESULTADOS .....	50
4.1. Inventario, elaboración de mapas y clasificación de senderos.....	50
4.2. Usos de los senderos observados .....	51
4.3. Ubicación de las principales rutas y accesos.....	58
4.4. Impactos biofísicos más comunes a los recursos senderos .....	61
4.5. Perfil de usuarios de los senderos.....	69
4.6. Cuento de visitantes.....	81
V. DISCUSION.....	93
5.1. Inventario y elaboración de mapas de senderos .....	94
5.2. Perfil de usuarios de los senderos, conocimiento de la REM y apoyo a políticas de manejo de senderos.....	101
5.3. Cuento de visitantes.....	106
5.4. Aportes teóricos y prácticos de este trabajo .....	111
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES.....	113
Aspectos éticos.....	117
LITERATURA CITADA.....	118
ANEXO I .....	127
ANEXO II .....	132
ANEXO III.....	135



## RESUMEN

La presencia de numerosos accesos peatonales y senderos informales en la Reserva Ecológica Moxviquil (REM) dificulta el control de las actividades de los visitantes, contribuye a dispersar impactos sobre el bosque y complica conocer el nivel de uso de la reserva. La planeación y decisiones de manejo de senderos en la REM requieren de un estudio del terreno en sus aspectos sociales y biofísicos. En esta tesis se analizó el uso espacial y temporal de los senderos de la REM. Se emplearon métodos múltiples y complementarios de monitoreo. Estos incluyeron un inventario de los senderos de la REM utilizando un sistema de posicionamiento global y la creación de mapas con un sistema de información geográfica. Una encuesta a usuarios de senderos para conocer el perfil de visitantes y su nivel de apoyo a políticas de manejo de senderos en la reserva. Y el diseño de un sistema de monitoreo por observación directa para cuantificar el flujo de visitantes en cinco sitios localizados en la periferia de la REM en fechas y horarios seleccionados durante un mes. Se encontró que la red de senderos tiene usos múltiples por parte de vecinos con propósitos de transporte, extracción de leña, recreativos y religiosos. El uso más frecuente de senderos fue como sitio de paso para tener acceso a destinos aledaños a la reserva. Los impactos más comunes en los senderos fueron la erosión del suelo, la extracción de leña, la acumulación de basura y el vandalismo. El conteo de visitantes mostró un uso diario de la reserva que es asimétrico y concentrado en senderos cercanos a colonias urbanas. Se recomienda extender el monitoreo sistemático a lo largo del año, reducir el número de senderos pero manteniendo algunas rutas tradicionales de paso, y reubicar senderos pobremente alineados respecto al terreno.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

Entre las estrategias de protección de la naturaleza, el establecimiento de áreas naturales protegidas (ANP) ha sido una de las más recurridas de las últimas décadas (Naughton et al. 2005). Las ANP son reconocidas por una gran variedad de valores tanto para el bienestar humano como la salud del ambiente.

Entre los valores reconocidos en las ANP, son apreciadas no solo por ser refugios para la diversidad biológica o la protección de paisajes escénicos, sino también por su contribución al mantenimiento de los procesos ecológicos que sostienen la vida en la tierra. Son apreciadas también por las oportunidades que ofrecen para la investigación científica y la educación ambiental. Por los beneficios económicos que aportan a las poblaciones locales a través del ecoturismo y actividades productivas, pero también por su papel en la reproducción y continuidad de modos de vida tradicionales de los pueblos que las habitan, entre otros valores (Naughton et al. 2005; García et al. 2009).

El establecimiento de ANP alrededor del mundo, inició en el siglo XX imitando el modelo estadounidense de parques nacionales, caracterizados por su énfasis en la protección de sitios naturales libres de ocupación humana permanente y procesos extractivos, y dedicados principalmente al uso recreativo (McNeely 1994; García y Cachón 2010). Sin embargo, no pasó mucho tiempo para que este modelo se diversificara debido a las distintas realidades sociales, económicas y políticas de las diferentes regiones del mundo.

En el caso particular de México, la mayoría de las ANP han sido establecidas en territorios habitados por poblaciones humanas con economías de subsistencia y prácticas culturales ligadas al uso de los recursos naturales (Gómez y Dirzo 1995; Bezaury-Creel y Gutiérrez 2009). Es por ello que en los últimos años se han venido adoptando esquemas de manejo flexibles que no solo enfatizan la protección de la diversidad biológica, sino también promueven el uso y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, tal es el caso de las reservas de la biosfera.

A nivel nacional en el transcurso de casi un siglo se han creado a la fecha más de 900 ANP de diversas categorías y tamaños que abarcan cerca del 9.85% de la superficie terrestre del país (Bezaury-Creel y Gutiérrez 2009). Estas cifras corresponden a una variedad de reservas federales, estatales, del Distrito Federal, sociales y privadas (Bezaury-Creel y Gutiérrez 2009). No obstante que las diversas categorías de ANP varían en objetivos y formas de manejo, se caracterizan por ser áreas donde particularmente las actividades extractivas o cambios de uso de la tierra, han sido restringidos con el propósito de mantener a largo plazo los valores identificados en dichos sitios.

El decreto de un sitio natural como área protegida no significa sin embargo que esté garantizada su protección. Ni que las políticas de manejo restrictivas reciban total apoyo por parte de los pobladores locales y visitantes o su manejo sea sencillo. Desde sus inicios las ANP mexicanas han carecido en la mayoría de los casos de financiamiento alguno o este ha sido insuficiente para su adecuada operación (Gómez y Dirzo 1995; Rodríguez 2008; García et al. 2009; García y Cachón 2010). Las ANP tampoco han sido inmunes a las influencias e intereses del entorno social, económico y político en que están inmersas.

Al interior y alrededor de las ANP con frecuencia existen diversos derechos, intereses y demandas de uso de las tierras y sus recursos por parte de administradores, instituciones de gobierno, pobladores locales, vecinos, turistas, agencias turísticas y empresas inmobiliarias entre otros interesados, que cuando se traslapan y se oponen, generan conflictos entre ellos muchas veces difíciles de conciliar lo que dificulta el manejo.

Los diversos usos que ocurren en las ANP y sus alrededores generan además diversos tipos de impactos sobre los recursos o valores que se busca proteger y que es necesario restaurar o contener a través del manejo. En particular la aplicación de restricciones sobre el uso de los recursos naturales como estrategia de manejo, puede ocasionar efectos socialmente adversos, y actitudes y comportamientos contrarios a los objetivos de las ANP. Estos son una resistencia y rechazo social a las políticas restrictivas, el desplazamiento de impactos a otros sitios con menor vigilancia, trastornos a los modos de vida y costumbres de las poblaciones locales que dependen del uso y aprovechamiento de los recursos naturales (West y Brockington 2006), incluso manifestaciones de actos violentos hacia la infraestructura o personal administrativo de las ANP (Monzón, 2008)

Considerando el contexto anterior uno de los retos principales que tienen las agencias o administradores de las ANP consiste en crear políticas de manejo que sean conciliatorias de los objetivos de protección de los recursos naturales con las necesidades de uso y desarrollo local (Bezaury-Creel y Gutiérrez 2009). Al respecto McNeely (1994) ha señalado que un área natural no puede sobrevivir en el largo plazo cuando una población humana es hostil a ella. Señala que cuando las ANP son manejadas en un contexto apropiado, estas pueden hacer contribuciones significativas

al bienestar humano. Recomienda a las administraciones de las ANP, realizar esfuerzos para coleccionar información detallada de la gente cuya vida está siendo afectada por el establecimiento y manejo de las ANP, con la misma importancia que tiene la colecta de información biológica de las especies que se desean proteger (McNeely 1994).

Al respecto, el seguimiento a largo del tiempo o monitoreo de los patrones de uso de los recursos naturales y sus impactos biofísicos, ha sido considerado como una herramienta de gran utilidad en el proceso de planificación y toma de decisiones en el manejo de las ANP (Roggenbuck y Lucas 1987; Watson et al. 2000; Cole 2006; Hennig 2006). El monitoreo de los patrones de uso permite a los administradores de las ANP obtener información objetiva del perfil de los diferentes usuarios de los recursos naturales, conocer la satisfacción de estos con las políticas de manejo, y determinar patrones de uso e impactos biofísicos así como su distribución espacial y temporal. La información generada puede ser utilizada para el diseño de estrategias de manejo, y administrar más eficientemente los recursos humanos y financieros de las ANP con frecuencia limitados, entre otros aspectos.

Pese al reconocimiento de los beneficios del monitoreo del uso social de las ANP y los impactos biofísicos para el proceso de planificación y decisiones de manejo, éste sigue siendo una tarea postergada o ignorada como herramienta de trabajo en muchas ANP de nuestro país. La falta de conocimiento de métodos de monitoreo y análisis de información, el tamaño del área, los altos costos que implica, la presencia de numerosas entradas, y la falta de personal han sido citadas como algunas de las principales razones para no realizar el monitoreo (Watson et al. 2000). Este es el caso de la Reserva Ecológica Moxviquil (REM) elegida como sitio de estudio.

## **1.2. Presentación del problema de estudio**

En México la Reserva Ecológica Moxviquil es un claro espejo de varias de las situaciones descritas con anterioridad. En esta reserva la falta de financiamiento, de recursos humanos y capacitación del personal encargado de su manejo, han restringido su capacidad para el control de las actividades de los visitantes y sus impactos hacia los recursos del bosque en la reserva. También ha contribuido a postergar cualquier intento de monitoreo o evaluación del uso de la reserva y las condiciones actuales en que se encuentran sus recursos. Ante la carencia de datos de monitoreo, es incierto la efectividad del manejo y como se toman las decisiones ante la ausencia de datos básicos de campo.

La REM está situada sobre una serie de cerros al norte de la ciudad de San Cristóbal de las Casas, Chiapas (población de 158, 027 habitantes; INEGI 2010). Es una reserva privada de 97 hectáreas con vegetación de bosque secundario de encino. Fue creada en 1996 y ha sido también administrada por la organización civil Pronatura Sur que trabaja desarrollando proyectos de conservación ambiental en el sureste de México. La reserva fue creada con el propósito de contribuir a mantener un fragmento del bosque de encino del norte de la ciudad libre de urbanización, como refugio para especies silvestres de la región, para proveer servicios ambientales y dar servicios recreativos y educativos a los pobladores de la ciudad (Pronatura Sur com. pers.).

La REM carece de asentamientos humanos en su interior, pero dada su cercanía con varias colonias urbanas del norte de la ciudad la hacen un sitio muy accesible a pie y frecuentado por visitantes que acuden a la reserva a realizar diversas actividades en el bosque. El ingreso de personas es libre y ocurre todos los días desde varios puntos de su periferia. Para ello utilizan una extensa red de senderos creados y mantenidos

por el paso repetido de personas a lo largo de los años. La variedad de usos de los senderos de la REM genera además diversos tipos de impactos sobre los recursos del bosque entre los que se encuentran el daño a la vegetación por extracción de leña, la concentración de basura en áreas frecuentemente visitadas, y la destrucción intencionada de infraestructura, entre otros impactos (observación personal).

El amplio número de accesos y senderos en la REM es problemático para el manejo, debido a que dificulta el control de las actividades de los visitantes, complica conocer el nivel de uso del bosque, incrementa la superficie de suelo expuesta a la erosión y contribuye a la dispersión de los impactos en distintas partes de la reserva.

Para contener los impactos en la REM, la organización Pronatura Sur ha contratado desde hace algunos años a una persona (guardaparque) de tiempo completo encargado de distintas actividades de manejo en la reserva y apoyo a la organización. Entre estas actividades se encuentran patrullajes de vigilancia, atención a visitantes, limpieza de espacios de recreo y mantenimiento a diversa infraestructura de la reserva entre otras funciones. Sin embargo pese a los distintos esfuerzos de la administración de Pronatura Sur para proteger el bosque de la REM, se ha observado que los impactos continúan y es incierto la efectividad y alcances del manejo aplicado, debido a la ausencia de datos de monitoreo tanto biológico como social.

Entre las opciones de manejo es posible el cierre de senderos que son problemáticos, la restauración de senderos dañados, la reubicación de los mismos y el control de las actividades de los usuarios (Lechner 2004). No obstante el cierre y la reubicación de senderos en la REM es un aspecto que debe ser cuidadosamente planificado y basado en información derivada de un estudio previo del terreno tanto en sus aspectos sociales como biofísicos.

El cierre de senderos sin un entendimiento suficiente del terreno, de los distintos usuarios y sus necesidades de uso, de los flujos de tránsito y el nivel de apoyo social a las políticas de manejo de senderos, puede resultar infructuoso y originar tensiones o conflictos entre la administración de la reserva y usuarios frecuentes de los senderos. Puede además resultar en un derroche inútil de los limitados recursos humanos y financieros de la REM. Por lo que el uso de herramientas de monitoreo social y los impactos de los visitantes pueden generar información útil para basar la planificación y toma de decisiones en la REM. El objeto de estudio se circunscribe entonces al entendimiento del uso espacial y temporal de los senderos de la REM.

Otros aspectos observados al principio de este trabajo que han contribuido a limitar la adecuada operación de la reserva es la falta de un plan de manejo con una agenda de acciones a seguir para el mantenimiento a largo plazo del bosque y el cumplimiento de sus objetivos. Así como la carencia de información espacial (un mapa) con la ubicación de todos los senderos, puntos de acceso, senderos más utilizados y problemáticos. Y la falta de información básica del perfil de los distintos usuarios de los senderos y la distribución espacial de las diferentes actividades.

### **1.3. Preguntas de investigación**

Las preguntas de investigación planteadas fueron las siguientes: ¿Cómo está articulada y ubicada espacialmente la red de senderos de la REM? ¿Cuáles son los usos principales de los senderos de la REM? ¿Cómo se distribuyen las diferentes actividades dentro de la reserva? ¿Dónde están ubicadas las rutas de mayor tránsito y que impactos biofísicos son los más comunes a éstas? ¿Cuáles son las características del perfil de visitantes en la REM? ¿Cuál es su nivel de apoyo hacia algunas políticas

de manejo de senderos y del bosque? ¿Cuál es el nivel de uso que tiene la REM a través de su red senderos? ¿Qué estrategias y tácticas de manejo de visitantes y senderos son recomendables en el contexto de la REM?

#### **1.4. Objetivos**

##### *General*

Analizar las distintas formas de uso espacial y temporal de los senderos de la Reserva Ecológica Moxviquil

##### *Específicos*

1) Realizar un inventario y mapeo de senderos en la REM e identificar las diferentes rutas, accesos y destinos utilizados por los visitantes.

2) Identificar la localización de los senderos de mayor uso y sus impactos biofísicos más frecuentes.

3) Elaborar un perfil básico de los diferentes visitantes y patrones de visita.

4) Determinar el nivel de apoyo de los visitantes hacia políticas del manejo de senderos y el bosque en la reserva.

5) Cuantificar y estimar el nivel de uso diario de la REM.

#### **1.5. Organización de la tesis**

Esta tesis está organizada en seis capítulos y dos anexos. En el Capítulo I son presentados algunos antecedentes para situar el contexto del problema de investigación, se describe el problema de estudio, se plantean las preguntas de

investigación, se exponen los objetivos de investigación y se presenta la organización del documento.

En el Capítulo II se presenta una síntesis de los principales conocimientos teóricos generados sobre los impactos biofísicos en senderos y el monitoreo de visitantes en las ANP.

El Capítulo III describe las características naturales y sociales del área de estudio, así como la metodología empleada en el trabajo de campo y análisis de datos.

El Capítulo IV presenta los resultados del trabajo de campo procesados para su comunicación. Primero se presentan los resultados del inventario y mapeo de senderos en la REM. Después se presentan los resultados de la encuesta sobre el perfil de usuarios de los senderos. Finalmente se presentan los resultados del monitoreo de visitantes para cuantificar el nivel de uso de la reserva.

En el Capítulo V se discuten los principales hallazgos e implicaciones de los resultados para el manejo de la REM. Estos se comparan en relación a otras investigaciones anteriores. Se revisan las fortalezas, debilidades y mejoras al método. Se finaliza con recomendaciones para el manejo de senderos y monitoreo de visitantes.

El Capítulo VI expone las conclusiones y se exponen algunas recomendaciones generales.

En los Anexos I y II se presentan los instrumentos utilizados para la toma de datos para la encuesta y el conteo de visitantes. En el Anexo III se incluye el artículo sometido para su publicación en revista arbitrada.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Concepto de ecología de la recreación y el manejo de impacto de visitantes**

El marco teórico utilizado está enmarcado en el ámbito de la ecología de la recreación y el manejo de impactos de los visitantes. Estas son dos áreas de estudio relacionadas y que pueden apoyar el manejo profesional de las ANP, particularmente en lo relativo al manejo de visitantes y los impactos de la recreación.

La ecología de la recreación es un campo de la ecología interesada en el estudio de las consecuencias ambientales de las actividades recreativas al aire libre y su efectivo manejo (Monz et al. 2009). Esta área busca describir los tipos, cantidades y tasas de cambios ecológicos que resultan del uso recreativo, incluyendo las relaciones entre los factores relacionados al uso, ambientales y administrativos, que provocan dichos cambios ecológicos (Marion y Rogers 1994, citado por Farrell 1999).

Por su parte el manejo de impactos de visitantes es el proceso de identificar los cambios no aceptables relacionados al uso de visitantes (impactos negativos) y la selección de uno o más acciones o estrategias de manejo (Graefe et al. 1990, citado por Farrell 1999). Los principios teóricos del manejo de visitantes incorporan los conocimientos y las herramientas provenientes de la ecología de la recreación, pero también hace uso de las guías o normas para la toma de decisiones como son la capacidad de carga y los límites de cambio aceptable (Farrell 1999).

La mayor parte de la literatura de la ecología de la recreación y el manejo de impactos de visitantes proviene de estudios realizados en parques nacionales de los Estados Unidos de América, Canadá, Australia y algunos países de Europa realizados desde la década de 1960 (Marion 2006; Monz et al. 2009), lo que los hace campos de

estudio relativamente recientes y con contextos muy diferentes al de México. En América Latina y nuestro país dichos campos de estudio han sido poco abordados, y solo recientemente se han venido estudiando (Marion 2006).

## **2.2. Importancia de los senderos en las áreas naturales protegidas**

Para propósito de este trabajo se propone como definición simple de sendero un camino delgado o estrecho localizado en un área natural que facilita el tránsito de personas y/o animales a través de él. Por su origen, un sendero puede ser informal si es formado sin seguir un diseño previo y es creado simplemente por el paso repetido de personas que siguen las mismas líneas en un paisaje; es formal si el sendero es construido intencionalmente siguiendo un diseño previo o un plan con propósitos definidos (Lechner 2004; modificado de Wimpey y Marion 2011).

Un sendero formal o planificado puede estar además equipado de estructuras auxiliares según las cualidades del sitio, los propósitos del sendero y las características de los usuarios. Las estructuras auxiliares pueden ser escalones, puentes, asientos de descanso, barandales, letreros, rampas de acceso, pisos endurecidos con piedra trancos, bloque de piedra o pavimento, canales de desagüe, kioskos de información, miradores escénicos y fuentes de agua entre otros (Lechner 2004).

En las ANP los senderos se encuentran entre las infraestructuras más importantes que existen debido a que sostienen una gran variedad de usos y funciones. Los senderos proveen acceso al interior de sitios donde están ausentes los caminos y no es posible utilizar vehículos motorizados. Cuando están bien planificados, ayudan a proteger los recursos concentrando los impactos en superficies resistentes y manteniendo a los visitantes alejados de sitios frágiles o sensibles. Los senderos

proveen también oportunidades recreativas y educativas como son el senderismo, la interpretación ambiental, el ciclismo de montaña, la observación de aves, el paseo en caballos entre otros (Leung y Marion 1999; Marion y Leung 2001; Cole 2002; Farrell 1999; Lechner 2004).

Adicionalmente, en países ubicados en los trópicos donde las ANP suelen estar habitadas por poblaciones humanas con economías de subsistencia, los senderos se caracterizan por ser usados como parte de rutas de viaje, de comunicación y de comercio. Son utilizados también para tener acceso a servicios públicos, tierras de cultivo y áreas de extracción de recursos entre otros usos (Lechner 2004; Fournier 2006; García 2006).

### **2.3. Impactos biofísicos y sociales por el uso de senderos**

El término impacto se utilizará para hacer referencia a cualquier cambio relacionado con el uso y que no es deseado sobre los recursos naturales, infraestructura o las experiencias de otros visitantes (modificado de Leung y Marion 2000; Wittman 2009). Los senderos al ser de las infraestructuras con mayor variedad de usos en una ANP son al mismo tiempo recipientes y fuentes de dispersión de diversos impactos que pueden ser de naturaleza biofísica o social.

#### *Impactos biofísicos*

Son aquellos que afectan el ambiente natural en sus atributos biológicos y físicos. También suelen ser referidos como impactos ecológicos. Entre el listado de impactos biofísicos derivados del uso de senderos se han reportado: el desgaste de la capa orgánica del suelo, la erosión y compactación del suelo, el afloramiento superficial de rocas y raíces de las plantas, el ensanchamiento de senderos, la formación de

senderos paralelos o trenzados, la pérdida de la cobertura vegetal, los cambios en la composición de especies, la introducción de especies exóticas, la perturbación del comportamiento de la fauna y la modificación de escurrimientos hídricos principalmente (Marion y Leung 2001; Cole 2002, 2004a, 2004b; Buckley 2004; Pettebone 2006; Wimpey y Marion 2009; Wittman 2009).

La erosión comienza con la pérdida de la cobertura vegetal debido el pisoteo continuo, y se agrava cuando el agua escurre acanalada por los senderos sin ser drenada fuera de estos, arrastrando consigo suelo. La continua erosión, provoca que las rocas y las raíces de las plantas queden expuestas en la superficie, se formen grietas en el suelo y el piso adquiera una superficie irregular que además de dificultar el tránsito para los usuarios, incrementa el riesgo de sufrir lesiones por accidentes. Además el suelo arrastrado puede terminar depositado en los cuerpos de agua, contribuyendo a crear turbidez y sedimentación del suelo que puede afectar a los organismos acuáticos.

En sitios de suelos con drenaje deficiente la formación de áreas lodosas o encharcadas hace que los senderos pierdan utilidad, gradualmente se ensanchen, se formen senderos paralelos, y se pierda la vegetación alrededor del área húmeda. Esto ocurre conforme las personas rodean o evitan transitar por ella. El ensanchamiento de los senderos incrementa el área perturbada y en consecuencia expone una mayor superficie de suelo descubierto a la erosión por la intemperie.

La presencia de senderos y de personas en áreas naturales ocasiona además diversos efectos sobre la fauna silvestre. Por ejemplo la presencia de numerosos senderos y personas contribuye a la fragmentación de hábitats, y puede modificar el comportamiento de animales silvestres. En algunos casos los animales pueden adquirir

comportamientos evasivos que los podrían privar del acceso a lugares de cobijo, agua y alimentación, mientras que en otros casos los cambios en el ambiente podrían resultarles atractivos por la facilidad de encontrar alimento humano cerca de los senderos y los sitios de campamento (Marion y Leung 2001; Cole 2002; Buckley 2004). El paso de personas y animales domésticos en el interior de las ANP puede favorecer cambios en la cobertura vegetal por el pisoteo continuo e introducir especies exóticas por medio de semillas en sus ropas, calzado, pelo o estiércol (Pettebone 2006).

### *Impactos sociales*

Los impactos sociales están relacionados con los efectos sobre la calidad de las experiencias de los usuarios de los senderos. Estas experiencias pueden verse afectadas por la presencia de senderos en mal estado o el traslape de usos múltiples en un mismo sitio. Algunos ejemplos son los conflictos y el deterioro de las experiencias de los usuarios en situaciones de congestionamiento de senderos, debido a un elevado número de visitantes o por la convergencia de usos múltiples (p. ej. varios ciclistas y peatones utilizando el sendero al mismo tiempo). También ocurre cuando se observan impactos biofísicos severos en los senderos y sus alrededores como son la presencia de árboles dañados, la acumulación de basura, la disposición inapropiada de excreciones humanas, la presencia de numerosos senderos informales y caminos en mal estado (Vaske et al. 1993; Leung y Marion 2000; Manning et al. 2004).

## **2.4. Importancia del manejo temprano de los impactos relacionados con el uso de senderos**

De acuerdo con Farrell (1999) el manejo temprano de los impactos a los senderos es importante, ya que éstos suelen aparecer con niveles iniciales de bajo uso

y suelen ser intensos en áreas localizadas y con alta concentración de usuarios. Además en áreas con numerosos accesos y una red extensa de senderos, los impactos biofísicos suelen estar dispersos y ser difíciles de monitorear y controlar.

El deterioro de un área natural y la pérdida de la funcionalidad de los senderos, por otra parte puede tener consecuencias económicas no deseadas para un ANP. Puede provocar una disminución de la afluencia de visitantes y en consecuencia la pérdida de los beneficios económicos de su visita, además de poner en entredicho los objetivos de conservación del ANP (Farrell y Marion 2002).

Al no atenderse tempranamente los impactos en senderos y otros sitios de recreo, los costos de restauración y rehabilitación pueden ser elevados si son postergados por largo tiempo. En las ANP, el manejo temprano de los impactos en los senderos es entonces necesario para proteger las experiencias de los visitantes que acuden por recreación, para cumplir con los propósitos de conservación de los recursos, y también reducir los costos de mantenimiento y restauración.

## **2.5. Factores que intervienen en el deterioro de los senderos**

El tipo y la magnitud de los impactos de senderos son influenciados por factores relacionados con el uso y factores ambientales, pero también por el manejo aplicado (Leung y Marion 1996, citado por Pettebone 2006; Marion y Leung 2001; Figura 1).

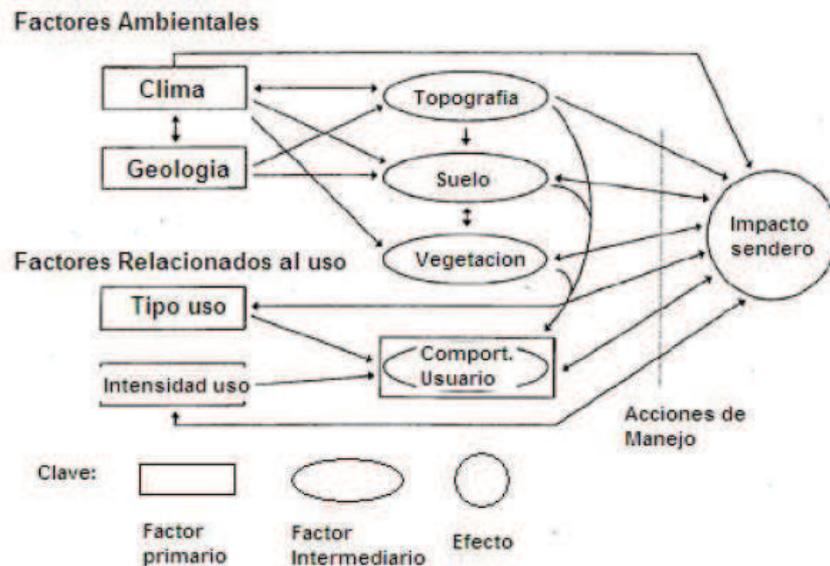


Figura 1. Modelo de impacto de senderos (Leung y Marion 1996, citado por Pettebone 2006)

#### *Factores relacionados al uso*

Aunque todo uso de un área natural genera impactos, estos últimos pueden variar dependiendo del tipo de uso, la cantidad de uso y el comportamiento específico del usuario. Por ejemplo, el pisoteo continuo del suelo por el tránsito de visitantes contribuye a remover la mayor parte de materia orgánica y la cobertura de la vegetación en senderos muy utilizados. Esto expone los suelos del sendero a la intemperie y a los efectos erosivos del agua y el viento (Marion y Leung 2001). Otros impactos específicos, como son el ensanchamiento de senderos y la formación de senderos paralelos son creados por el comportamiento de los usuarios quienes caminan alrededor de un segmento de sendero deteriorado o deciden caminar en paralelo.

El tipo de uso es también es un determinante importante de algunos impactos en los senderos. El pisoteo y los impactos erosivos provocados por el uso de caballos

pueden ser más severos en comparación con los producidos por el senderismo a pie, el uso de otros animales de carga como llamas, o el uso de bicicletas de montaña. Asimismo, se ha encontrado una fuerte correlación entre el uso de caballos con la presencia de condiciones fangosas en los senderos, el ensanchamiento excesivo de estos y la creación de caminos o senderos paralelos e informales (Marion y Leung 2001; Cole 2002, 2004a, 2004b; Pettebone 2006).

En relación a la cantidad de uso, los impactos más fuertes ocurren con los niveles iniciales de uso de un sitio. La Figura 2 muestra la relación curvilínea entre la cantidad de uso y la cantidad de impacto. De acuerdo con la misma figura, los primeros usos de un sitio son causantes de la mayor parte de los impactos relacionados con el uso, siendo los impactos per-capita menores conforme aumenta el uso (Marion y Leung 2001; Cole, 2002, 2004a, 2004b; Pettebone 2006). Un ejemplo de lo anterior puede observarse en la pérdida o eliminación de la vegetación y el suelo orgánico, los cuales ocurren rápidamente durante la fase construcción de senderos o conforme estos se empiezan a utilizar (Marion y Leung 2001; Cole 2002).

De acuerdo con Leung y Marion (2000) y Cole (2004b) la naturaleza curvilínea o asintótica de la relación uso-impacto es una de las generalizaciones más importantes que ha producido la ecología de la recreación. Sin embargo, a pesar de lo valioso de esta generalización, se reconoce también que pueden existir situaciones donde los niveles de uso son tan bajos o cualitativamente distintos a otros usos, o donde los atributos ambientales son muy resistentes que el uso inicial de un sitio no produce virtualmente impactos significativos (Cole 2004b).

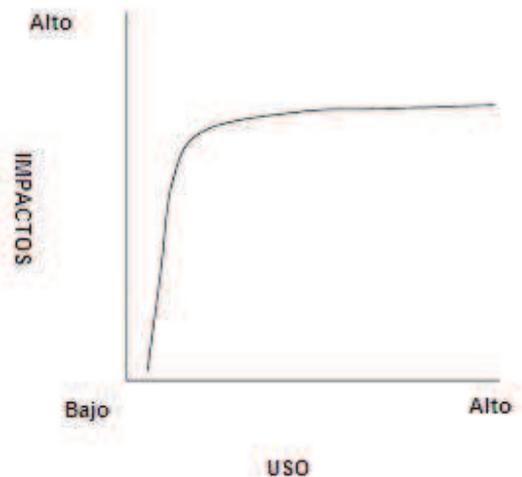


Figura 2. Curva hipotética del impacto del uso recreativo en un sitio natural (Cole y Trull 1992 citado por Pettebone 2006).

### *Factores ambientales*

Entre los factores ambientales se han identificado atributos como el tipo de suelo y vegetación, la topografía, el clima, la resistencia y la resiliencia de los ecosistemas (Leung y Marion 1996, citado por Pettebone 2006; Marion y Leung 2001). Se ha encontrado por ejemplo que la tasa de erosión es más alta en senderos localizados en terrenos con pendientes pronunciadas (muy inclinados) y cuando se ubican en localidades donde la topografía del paisaje y la elevación provocan fuertes precipitaciones pluviales (Leung y Marion 1996, citado en Pettebone 2006; Marion y Leung 2001).

Adicionalmente los suelos con texturas finas y homogéneas son más susceptibles a la erosión, además que los suelos con drenaje pobre y orgánicos son más susceptibles a formar barro, particularmente en terrenos planos y donde el agua se encharca fácilmente (Leung y Marion 1996, citado por Pettebone 2006; Marion y Leung 2001). Los encharcamientos contribuyen al ensanchamiento de senderos y la creación

de senderos paralelos conforme las personas rodean las secciones encharcadas o con barro en su tránsito.

El tipo y la densidad de la vegetación juegan también un rol importante influyendo indirectamente en el comportamiento de visitantes. Se ha reportado por ejemplo que las praderas y bosques abiertos son más susceptibles a experimentar el ensanchamiento de sus senderos y a favorecer que los usuarios formen múltiples senderos, los cuales pueden ser inhibidos en hábitats con vegetación densa (Marion y Leung 2001; Pettebone 2006).

#### *Factores relacionados con el manejo*

La manipulación física de los senderos y del comportamiento de los usuarios puede modificar considerablemente los efectos de los factores relacionados con el uso y los factores ambientales. Lo anterior puede ocurrir a través de la aplicación de acciones regulatorias, educativas, de obras de reforzamiento y construcción de infraestructura (Leung y Marion 1996, citado por Pettebone 2006; Marion y Leung 2001; Cole 2002).

Como ejemplos se puede limitar los impactos por el uso de caballos si se restringe su uso a senderos con suelos resistentes, si se limita su número, y se prohíbe su uso durante la temporada de lluvias. En otro ejemplo se puede disminuir la formación de áreas encharcadas o lodosas evitando el paso de senderos en suelos orgánicos húmedos y en terrenos planos. La erosión puede también reducirse evitando crear o utilizar senderos localizados en pendientes muy inclinadas.

La instalación y mantenimiento de las características de drenaje del piso, la construcción de escalones con rocas o maderas, y la colocación de puentes son algunas de las estrategias utilizadas para limitar la erosión de suelo y la formación de

áreas encharcadas o lodosas. La construcción de esta infraestructura y el reforzamiento de senderos pueden influir en el comportamiento de los usuarios y contener el desarrollo o crecimiento de otros impactos como el ensanchamiento de senderos y la aparición de senderos paralelos (Leung y Marion 1996, citado por Pettebone 2006; Marion y Leung 2001; Cole 2002).

Respecto al deterioro de senderos Cole (1991, citado en Pettebone 2006) señala que algunos de los impactos en senderos que se observan en las ANP, particularmente los relacionados con la erosión, se deben principalmente a un pobre diseño del sendero que debido a un bajo trabajo de mantenimiento. Por ejemplo, un sendero mal diseñado requiere de más mantenimiento para minimizar los impactos y mantener su funcionalidad y condiciones físicas que si se evitara su construcción o continuara su uso en terrenos con pendientes pronunciadas.

## **2.6. Importancia del monitoreo de usuarios e impactos de sus actividades**

La palabra monitoreo es un anglicismo que proviene del verbo “to monitor” que significa observar, hacer seguimiento, revisar usualmente algo para un propósito específico (Diccionario Merriam Webster 2011). En las ANP, el monitoreo de usuarios y los impactos relacionados con sus actividades es considerado una herramienta de gran utilidad en el manejo.

A través del monitoreo los administradores de las ANP pueden conocer más acerca de los usuarios y las diferentes formas, tiempos, lugares y cantidad de uso. De igual manera pueden conocer la naturaleza y magnitud de los impactos biofísicos ocasionados a los recursos e infraestructura de un ANP. Por otra parte el monitoreo sistemático de los distintos usos e impactos biofísicos puede suministrarles información

confiable de campo para basar la toma de sus decisiones y orientar la creación de mejores políticas de manejo (Roggenbuck y Lucas 1987; Watson et al. 2000; Cole 2006; Hennig 2006).

Por ejemplo, la obtención de información de las condiciones actuales y tendencias de uso en variables como son el lugar de acceso, la cantidad de uso, métodos de traslado, tiempo de uso, patrones de viaje, largo de la estadía, tamaño del grupo, localización, tipo y magnitud de daños a los recursos naturales y a la infraestructura entre otras variables, pueden ser utilizadas para planificar diversas tareas de manejo.

Entre las aplicaciones, la información de monitoreo puede ser utilizada para seleccionar estrategias apropiadas para el manejo de visitantes y los espacios de uso. Para determinar los efectos de las distintas actividades sobre la flora y fauna. Para monitorear el cumplimiento de los usuarios con las regulaciones de los parques. Para calendarizar labores de mantenimiento. Para canalizar más eficientemente los recursos humanos y financieros de manejo. Y desarrollar estrategias de mercadeo (marketing) apropiadas para determinados grupos de usuarios (Arnberger et al. 2005).

De acuerdo con Cole (2006), en las ANP donde se carece de esta información es frecuente que los administradores estimen tendencias de uso y sus impactos de manera “adivinada” y tomen decisiones o evalúen los resultados de las acciones de manejo aplicadas basados en su propia experiencia personal y el sentido común. Lo anterior es problemático debido a que sesga y puede exponer el manejo de las reservas a los intereses e inclinaciones de los administradores, y en el último de los casos a la “tiranía” de las pequeñas decisiones.

Asimismo señala que la carencia de datos confiables de campo en las ANP que tienen una continua rotación de administradores es problemática, porque diferentes administradores pueden tener distintas interpretaciones de lo que es o no un problema de manejo. Finalmente agrega que las ANP donde no se realiza monitoreo de usuarios y los impactos relacionados con sus actividades, el manejo de usuarios suele ser más reactivo que proactivo porque se suele responder más a los problemas en vez de evitarlos (Cole 2006).

## **2.7. Métodos para el monitoreo de usuarios**

Si bien el monitoreo de usuarios y sus impactos es considerado un componente importante del manejo de una ANP, en la práctica es complicado llevarlo a cabo y estimar con exactitud la cantidad de uso y sus impactos (Watson et al. 2000; Hendee y Dawson 2002).

La falta de financiamiento, de problemas logísticos que resultan del tamaño del área, el alto número de puntos de acceso, la falta de personal, la falta de conocimiento y de entrenamiento acerca de los métodos disponibles para coleccionar y analizar datos, son algunas de las razones identificadas por el cual el uso de las ANP y sus impactos no son adecuadamente examinados (Watson et al. 2000). Lo anterior también contribuye a explicar porque las estimaciones adivinadas derivadas de la experiencia de los administradores son ampliamente utilizadas aún en un gran número de ANP (Watson et al. 2000).

A pesar de todo, una variedad de métodos directos e indirectos para el conteo y estimación del uso de las áreas silvestres han sido desarrollados y aplicados principalmente en los parques de los Estados Unidos de América. Entre los métodos

directos se encuentran las observaciones directas, las entrevistas de campo, las encuestas por correspondencia, el registro voluntario en las entradas de los senderos y los permisos obligatorios; mientras que algunos métodos indirectos son los contadores electrónicos, las cámaras automáticas o de video y los sensores remotos (Watson et al. 2000).

Watson et al. (2000) hacen una revisión detallada y exponen las ventajas y desventajas de utilizar diferentes métodos. De acuerdo con ellos, el empleo de diferentes métodos depende principalmente de los datos que se quieran coleccionar y los recursos disponibles. Así diferentes métodos pueden revelar diferentes datos sobre el uso y los usuarios de un área silvestre.

Watson et al. (2000) advierten además que el método más apropiado es aquel que es capaz de proveer los datos requeridos con un nivel de exactitud mientras mantiene los costos de operación y disturbio sobre los visitantes en niveles aceptables, ya que algunos métodos pueden ser sumamente costosos en recursos económicos, personal requerido y tiempo invertido, y por otra parte pueden ocasionar molestias y sentimientos de intromisión a los visitantes y desconfianza.

## **2.8. Métodos para la evaluación y monitoreo de los recursos en senderos**

Los estudios de evaluación y monitoreo de los senderos ofrecen a los administradores de ANP información útil para la planificación y manejo de senderos. De acuerdo con Marion y Leung (2001) esta información puede ser utilizada para informar al público acerca de los diferentes recursos disponibles a lo largo de los senderos, justificar la necesidad de personal y financiamiento, evaluar el estado aceptable de las condiciones de los recursos existentes, analizar las relaciones entre

factores e impactos, identificar y seleccionar acciones apropiadas de manejo y evaluar cambios en las condiciones de senderos y la efectividad de las acciones implementadas.

Al respecto una variedad de métodos para la evaluación de los senderos y las condiciones de sus recursos se han desarrollado y han sido objeto de revisiones por autores como Leung y Marion (2000), Marion et al. (2006) y Marion y Leung (2011). La evaluación y el monitoreo de senderos han sido realizados con diversos propósitos, aproximaciones metodológicas, uso de técnicas y variables examinadas que varían en los requisitos de habilidades para la colecta y manejo de datos, de tiempo, costos y niveles de precisión (Leung y Marion 2000; Marion y Leung 2001; Cole 2004; Marion y Leung 2011).

De acuerdo con Cole (2004) los estudios de naturaleza descriptiva que buscan documentar las condiciones de los recursos en el momento de la evaluación son los más frecuentes en comparación con los estudios experimentales que buscan determinar relaciones causa-efecto. Las evaluaciones de las condiciones de los recursos varían desde las mediciones basadas en el simple reconocimiento visual de los impactos hasta cuidadosas mediciones cuantitativas de variables examinadas (Leung y Marion 2000). Al respecto Cole (2004) señala que cada método tiene fortalezas y debilidades propias, por lo que la elección de uno dependerá de las metas de la evaluación o el monitoreo.

De manera general Marion (1994, citado por Marion y Leung 2001) identifica tres clases principales de evaluaciones de senderos: de inventario, de mantenimiento, y de condiciones de senderos. Los inventarios de senderos pueden ser empleados para localizar y mapear las trayectorias de los senderos, y documentar sus características

como son el tipo de uso, la longitud de los segmentos, la dificultad de tránsito, y sus atributos naturales y culturales a lo largo de estos. Los inventarios de senderos son uno de los estudios más básicos (Marion y Leung 2011).

Las evaluaciones de mantenimiento por otro lado pueden coleccionar información sobre las características existentes y necesidades de infraestructura y mantenimiento que pueden ser utilizadas con propósitos de planeación. Las evaluaciones de condiciones, por otro lado, buscan describir las condiciones de los recursos e impactos con el propósito de identificar tendencias en las condiciones de los senderos e investigar las relaciones entre factores que influyen en los impactos.

Entre las técnicas de evaluación y monitoreo de condiciones desarrolladas se encuentran el reconocimiento de clases de condiciones, el muestreo por puntos y el censo de problemas entre otros (Leung y Marion 2000). Entre los recursos más examinados en las evaluaciones de senderos están el suelo y la vegetación (Cole 2004), sin embargo es necesario desarrollar más estudios sobre los efectos del uso de senderos sobre otros recursos como es la vida silvestre y los patrones de escurrimiento entre otros (Wittman 2009).

En los últimos años, el uso de sistemas de posicionamiento global (GPS) ha sido incorporado a los estudios de senderos para hacer mediciones más precisas y rápidas de las posiciones de los datos, los cuales pueden ser ingresados a sistemas de información geográfica (SIG) para su despliegue y análisis (Marion y Leung 2001). El uso de los SIG se ha encontrado de gran utilidad para realizar novedosos análisis espaciales y métodos de muestreo más sofisticados (Marion y Leung 2001; Pettebone 2006). En conjunto los GPS y los GIS se han empleado para calcular una gran variedad

de indicadores como son la longitud agregada de los senderos, el área de disturbio e índices de fragmentación del paisaje entre otros (Marion y Leung 2011).

## **2.9. Necesidad de realizar estudios de monitoreo de usuarios de senderos y sus impactos en México y América Latina**

La mayor parte de los estudios sobre los impactos en senderos y su manejo han sido generados y aplicados en los Estados Unidos de América, Canadá y Europa (Obua y Harding 1997; Marion y Leung 2001; Cole 2002, 2004a, 2004b; Pettebone 2006) con muy pocos ejemplos en América Central y del Sur (Farrell 1999; Marion 2006). Dichos estudios han contribuido a una mejor planeación y gestión de los senderos en esos países, y por consiguiente a una mejor protección de los recursos naturales y culturales de las áreas protegidas y de las experiencias de los visitantes en dichos países.

En México, no se encontraron estudios previos sobre el uso y manejo de senderos en ANP. Si bien la información generada en otros países puede ser aplicada a otras regiones del mundo como México, es importante generar información contextualizada a nuestro país que asista a los administradores en la planeación y manejo de visitantes y otros usuarios de las ANP, incluyendo el manejo de diversos impactos derivados de usos múltiples de senderos. Ya que además de ocurrir un fuerte uso recreativo de las áreas protegidas que están impactando la calidad de sus recursos, también un gran número de familias campesinas vive dentro de ellas y en su periferia haciendo uso de los senderos como rutas de viaje, acceso, comunicación y subsistencia.

### III. MÉTODOS

#### 3.1. Descripción del Área de Estudio

##### *Ubicación geográfica*

La Reserva Ecológica Moxviquil está situada sobre una ladera de cerros al norte de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas (16° 45' N y 92° 38' O; población de 158,027 habitantes; INEGI, 2010) en la región central de los Altos de Chiapas, México (Figura 3). Fue creada por la organización civil Pronatura Sur en 1996 sobre tres lotes contiguos de propiedad privada (total de 97 ha), dos de los cuales fueron donaciones para la organización y sobre un tercero existe un contrato de servidumbre ecológica para la protección de la tierra (Pronatura Sur com. pers.).

Las laderas de los cerros de la REM alcanzan pendientes de 30-40% y tienen una altitud de 2140 a los 2470 m (datos de campo). La REM colinda al norte con el municipio indígena de San Juan Chamula; al este con la zona arqueológica de Moxviquil, y tierras forestales del Ejido El Pinar; al oeste con varios predios forestales particulares, y al sur con varias colonias urbanas del norte de la ciudad (la Hormiga, Getzemaní, Anexo Morelos, Diego de Mazariegos, Fraccionamiento Santo Domingo, Barrio Ojo de Agua, 1º de Enero) y el anillo Periférico Norte.

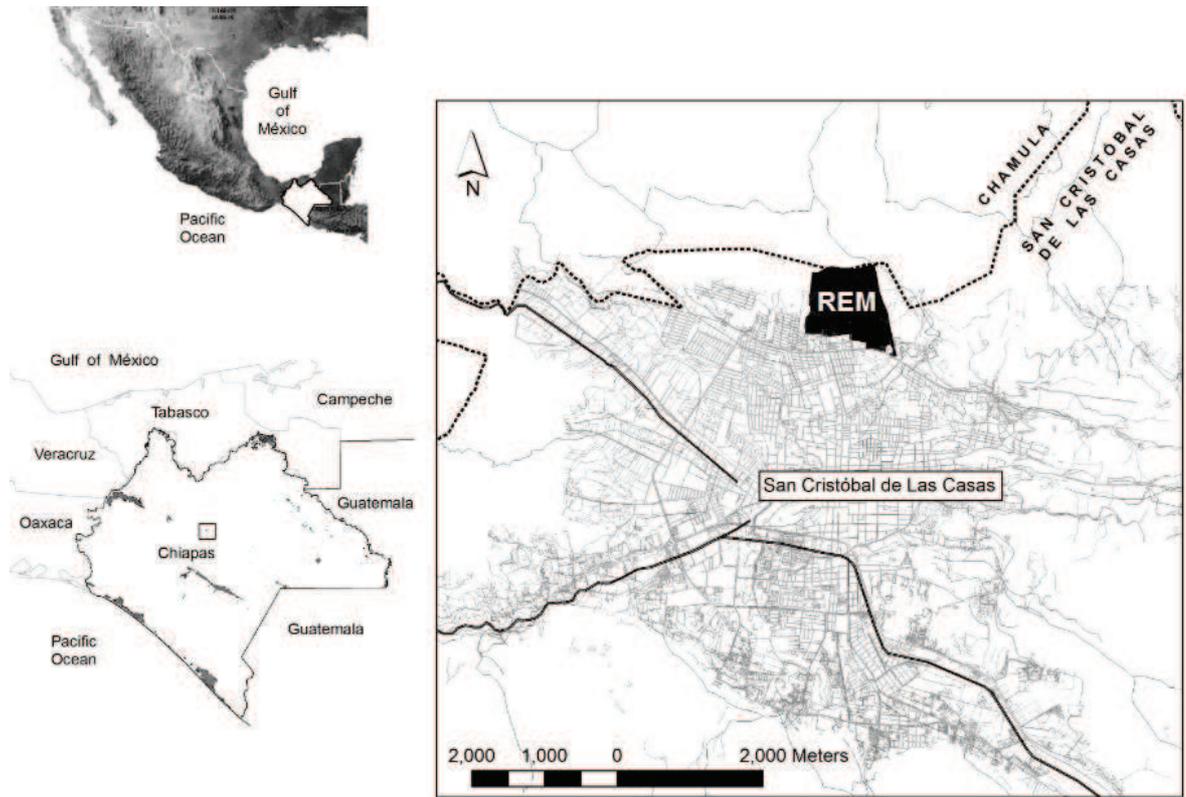


Figura 3. Ubicación geográfica de la Reserva Ecológica Moxviquil en la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.

### *Clima*

El clima en la región es templado subhúmedo con verano fresco y lluvioso, pero con un periodo de sequía intraestival en julio y agosto. La precipitación media anual se estima en 1186.8 mm. La temporada seca es de noviembre a abril. La temperatura media anual es de 14.4°C con oscilaciones de 5.3°C (León y Vázquez 1997).

### *Geología*

La reserva se encuentra sobre varios cerros arredondados con sustrato de rocas sedimentarias calizas del cretácico inferior y superior (Mayorga 2007) formadas por más del 50% de carbonatos (León y Vázquez 1997). Su formación geológica se debe a la disolución superficial de los estratos calizos, lo que facilita la presencia de salientes y pequeñas depresiones, dando como resultado un paisaje cárstico (Mera 1989). La disolución de las rocas calizas por acción de ácidos orgánicos llega a formar grietas, cavernas y sumideros, que en caso de no resistir el peso de las rocas subyacentes se derrumban creando dolinas (León y Vázquez 1997). Otras rocas sedimentarias presentes en el área son areniscas, dolomitas, lutitas y limonitas (León y Vázquez 1997).

### *Suelo*

De acuerdo con un mapa edafológico para el municipio de San Cristóbal de las Casas (Gobierno del Estado de Chiapas 2002), los principales suelos identificados en la reserva son rendzinas y luvisoles crómicos. Las rendzinas se caracterizan por tener una capa superficial abundante en materia orgánica y muy fértil que descansa sobre roca caliza o materiales ricos en cal. Generalmente las rendzinas son suelos arcillosos y poco profundos menores a los 25 cm (INEGI 2004). Por otro lado los luvisoles se caracterizan por tener un rico depósito de arcilla en el subsuelo y son altamente

susceptibles a la erosión (INEGI 2004); en la reserva este tipo de suelo tiene una coloración rojiza.

### *Hidrología*

En temporadas de lluvias, se observan dos tipos de drenaje en la REM: una superficial y otra subterránea (Mayorga 2007). La primera ocurre particularmente cuando se presentan lluvias intensas y se forman corrientes de agua superficiales que drenan desde las partes elevadas. Estas corrientes o arroyos son típicamente efímeras y de poca amplitud (0.5-1m) y profundidad (<30 cm) dependiendo de la cantidad de precipitación (observación de campo del autor). Existen tres corrientes efímeras presentes durante lluvias intensas. Una de ellas desciende junto a las oficinas del centro de capacitación de Pronatura Sur y las otras dos a la altura de la colonia Diego de Mazariegos.

El segundo tipo de drenaje ocurre cuando el agua se filtra a través de la roca caliza o grietas que se presentan en el terreno. De acuerdo con Mayorga (2007) esta condición permeable es la que permite que el agua brote en cuerpos de agua de cerros cercanos que los pobladores aprovechan. No existen cuerpos de agua permanentes en la reserva, sin embargo a 100 metros hacia el este de las oficinas de la reserva se encuentra un manantial que brota en el Barrio Ojo de Agua. Dicho manantial vierte sus aguas a través de dos canales, uno de los cuales pasa entre los límites de la Reserva y el Barrio Ojo de Agua.

### *Vegetación*

Fisonómicamente la vegetación en la reserva se identifica como un bosque secundario de encino o acahual arbóreo de encino (González et al. 1997). El acahual arbóreo se caracteriza por ser un bosque en regeneración con una alta densidad de

tocones (árboles podados) y una regular presencia de pastos y especies colonizadoras en el sotobosque que son indicadores del intenso aprovechamiento forestal que ha tenido el bosque.

En general, el estrato arbóreo es denso y bajo (5-10 m) y los diámetros de los tallos de los árboles a la altura del pecho no rebasan los 15 cm. En la REM es notable la ausencia casi total de coníferas en el estrato arbóreo y las especies de árboles más comunes corresponden a encinos de las especies *Quercus crassifolia*, *Q. rugosa*, *Q. crispipilis*, *Q. segoviensis* y *Q. skutchii*, y en mucho menor densidad pero común el madrón *Arbutus xalapensis*. En el dosel medio y el sotobosque son notables la presencia de algunas leñosas arbustivas como *Eupatorium ligustrinum*, *Garrya laurifolia*, *Crataegus pubescens* y la herbácea *Eupatorium mairetianum*. En la REM cualquier forma de extracción forestal está prohibida por políticas internas de la organización Pronatura Sur, aunque en la práctica la extracción de leña, suelo y plantas continúan por los vecinos de manera clandestina.

#### *Infraestructura de la reserva y asentamientos humanos adyacentes*

En el interior de la reserva no existen asentamientos humanos permanentes, ni tampoco caminos o carreteras para el paso de vehículos. Los únicos edificios construidos dentro de los límites de la reserva, es un conjunto de pequeños edificios utilizados por Pronatura Sur como oficinas, salas de capacitación, albergue para visitantes, invernadero de plantas epífitas y un área abierta utilizada como estacionamiento. Dichas construcciones están ubicadas en la parte baja y al suroeste de la reserva, junto a la avenida Periférico Norte y Barrio Ojo de Agua. Existe también un sendero construido en 2006 (Javier Gómez, com. pers.) por parte de la administración de la reserva para proveer acceso al interior del bosque, además de

servicios recreativos y educativos. La entrada se encuentra junto al área de oficinas y estacionamiento ya descritos.

Los asentamientos humanos adyacentes a la reserva son las colonias urbanas del norte de la ciudad de San Cristóbal situadas al pie de los cerros (porción sur) de la reserva. La mayoría de estas colonias del norte de la ciudad tienen menos de 20 años de antigüedad y se crearon tanto a partir de compra de terrenos como de invasiones de tierra por parte de indígenas migrantes de la región (Morales 2007).

En las colonias del norte de la ciudad, son numerosas las calles y hogares que cuentan con diferentes grados de marginación de servicios, por lo que existe un gran número de viviendas sin servicios básicos (agua potable, electricidad y drenaje) y servicios adicionales (pavimentación, teléfono, limpia y alumbrado público). Las viviendas las hay de material de concreto y bloques de construcción, pero también hay construidas de madera, techo de lámina, y otros materiales frágiles.

La población de dichas colonias es principalmente de origen indígena de la región y mestizos, los cuales tienen ingresos generalmente bajos. La población económicamente activa se emplea en el comercio formal e informal, y la venta de su fuerza de trabajo en la ciudad. Es común que la gente se emplee en oficios como albañil, mecánicos, carpinteros, obreros, herreros, chóferes, ayudantes de chofer, empleados en comercios, empleadas domesticas, lavanderas, comercio de frutas, venta de abarrotes y artesanías (De la Torre 2006; Morales 2007; observación de campo por el autor).

### **3.2. Características del diseño de investigación**

De acuerdo al sistema de clasificación de Creswell (2003), este estudio es de naturaleza pragmática. Es decir, el interés de la investigación nace del reconocimiento de una clara necesidad identificada y hay un interés por contribuir a encontrar una aplicación y solución a dicho problema.

Este tipo de estudios no se compromete con un solo sistema filosófico o paradigma para estudiar la “realidad”, más bien busca utilizar estrategias plurales o mixtas para generar un mejor entendimiento del problema de investigación. Por ello se suelen utilizar libremente métodos, técnicas y procedimientos de investigación (cuantitativos y cualitativos) que se acomodan mejor a las necesidades y propósitos del estudio.

De acuerdo a la clasificación de Hernández et al. (1998) de las metodologías de investigación, este estudio es descriptivo y transversal. Es descriptivo porque reporta las características generales de un fenómeno del cual existe poca información. Es transversal porque los objetos de estudio fueron medidos en un solo tiempo.

### **3.3. Inventario y mapeo de senderos de la REM**

Con el propósito de conocer de manera comprensiva la ubicación, la articulación y la extensión de senderos en la REM y su relación con los alrededores inmediatos, así como identificar los sitios puntuales y accesos más frecuentados por los visitantes fue necesario hacer un inventario y la edición de un mapa de la red de senderos de la reserva.

Los procesos de inventario y edición del mapa de senderos fueron realizados casi de manera simultánea entre los meses de septiembre de 2007 a enero del 2008

conforme se fueron recolectando los datos de campo. Por limitaciones de tiempo, el área de campo inventariada se delimitó a las siguientes referencias geográficas seleccionadas a priori: al este, como límite la carretera municipal que parte del Barrio Ojo de Agua y comunica la ciudad de San Cristóbal de Las Casas con el municipio de San Juan Chamula; al sur, los límites de la REM con las colonias Diego de Mazariegos y el Fraccionamiento Santo Domingo; hacia el oeste, todos los senderos por encima de las colonias La Hormiga y Getzemaní, finalmente al norte la comunidad indígena de Saclamantón en el municipio de San Juan Chamula (a 3.5 kilómetros de distancia).

#### *Recolecta de datos en campo*

El inventario de senderos consistió en recorridos a pie por el área de bosque delimitada para identificar senderos, rutas de mayor tránsito de personas, distintos accesos al bosque, destinos más frecuentados, conexiones entre senderos, identificar impactos biofísicos y registrar la ubicación o trayectoria de dichos sitios con ayuda de un sistema de posicionamiento global (GPS).

Los senderos inventariados fueron aquellos sitios donde fue identificado el corredor de un sendero y se encontraron evidencias de actividades humanas (p. ej. huellas, basura, daños a la vegetación con herramientas punzantes, objetos olvidados, sitios de acampado, entre otros). El corredor de un sendero es el área de tránsito que se mantiene abierta alrededor del sendero y que se extiende a ambos lados así como por encima del sendero (Lechner, 2004).

La trayectoria de los senderos y la ubicación de algunos sitios puntuales fueron georeferenciados con un GPS Garmin modelo Etrex Vista HCX con +/- 3m de precisión. Para el marcado de las trayectorias de senderos se utilizó la función de tracklog del GPS. El tracklog es una función del GPS que guarda continuamente datos de recorridos

lineales como posición geográfica, altitud y distancia recorrida. Los sitios puntuales como fue el caso de sitios de campamento y grutas fueron marcados con la función de marcado de trackpoints que recoge también datos de localización y altitud. Las coordenadas fueron colectadas en unidades UTM, mientras los datos de altitud y longitud (de senderos) en metros.

Los senderos y rutas de mayor tránsito de personas fueron identificados a partir de conversaciones informales con usuarios de los senderos. De caminar los senderos en compañía de los usuarios o siguiendo su trayectoria a distancias discretas hasta los límites de la reserva. Y del registro acumulado de rastros de uso continuo en los senderos (huellas recientes, basura, objetos olvidados y pisoteo de vegetación, entre otros).

Durante los recorridos por los senderos, se hicieron también descripciones cualitativas y se tomaron fotografías de los diferentes usos directos e indirectos de los senderos y los impactos biofísicos asociados. Los recursos examinados en búsqueda de impactos fueron: suelo, rocas, vegetación e infraestructura.

En este estudio no se hizo una medición cuantitativa y sistemática de la magnitud de los diferentes impactos debido a que hacerlo superaba los propósitos iniciales de este estudio, así como por limitaciones de tiempo. Ocasionalmente se tomaron datos de la ubicación, anchura del corredor del sendero (metros) y profundidad de la erosión (metros) en el centro del sendero en varios puntos de la reserva para el registro cualitativo. Un análisis de los contenidos de las descripciones de campo y del banco de fotografías de los impactos biofísicos permitió identificar aquellos impactos más frecuentes.

#### *Edición del mapa y clasificación de senderos*

La edición del mapa comenzó con la descarga de datos tracklog y trackpoints del GPS en ArcGIS 9.2 (ESRI Inc., Redlands, California), un software de uso común en los sistemas de información geográfica (SIG). El Laboratorio de Análisis de Información Geográfica y Estadística (LAIGE) del Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) proporcionó la asesoría técnica y capas (layers) para la creación de los mapas de esta tesis: imagen de satélite ikonos, calles, curvas de nivel, carreteras, límites municipales.

Durante la etapa de edición de los mapas se realizó una clasificación de los senderos para representar visualmente en un mapa y de manera simplificada las diferencias observadas en campo en torno a las características de su uso y biofísicas del corredor. La clasificación de los senderos partió de un análisis de contenido de las notas de campo con descripciones de uso y características de vegetación y del piso del corredor de los senderos inventariados, así como también del banco de fotografías.

En la clasificación de los senderos se consideraron los siguientes criterios: rastros de uso continuo (objetos olvidados, huellas frescas, basura reciente, testimonios, frecuencia de encuentros con visitantes), apertura del corredor del sendero (abierto, en proceso de cierre o incipiente) y estado de conservación del piso del sendero (cubierto o descubierto de suelo orgánico y vegetación).

En la clasificación de senderos se identificaron patrones similares y diferencias notables respecto al uso y aspecto biofísico del corredor sendero identificadas a discreción del investigador. En el proceso de edición se hicieron varias versiones preliminares de los mapas que fueron verificados en visitas posteriores al campo para hacer las correcciones necesarias a los mapas y su correspondencia con lo observado in situ.

### **3.4. Encuesta a usuarios de senderos**

Se realizó una encuesta del perfil de usuarios de los senderos de la REM quienes también son visitantes. Lo anterior para obtener información cuantitativa de sus características demográficas, motivos de su visita, formas y tiempos de uso de la reserva, conocimiento previo de la REM y del nivel de apoyo hacia algunas políticas de manejo de senderos y del bosque en la reserva.

El trabajo de campo fue realizado en dos periodos, de octubre a diciembre de 2007 y de febrero a marzo de 2008 (Cuadro 1).

#### *Características del cuestionario utilizado*

Se elaboró un cuestionario con preguntas cerradas y abiertas, el cuál fue aplicado por el investigador a los participantes del estudio de manera individual. La información de las variables fue edad, sexo, origen étnico nacionalidad, domicilio, ocupación, grado máximo estudios, conocimiento previo de la REM, experiencias previa en la reserva, tamaño de grupo, relaciones de parentesco entre los grupos, tiempo de permanencia en la reserva, motivos de la visita, equipo y alimentos transportados, transportes utilizados para llegar a la reserva, y actitudes hacia de manejo de senderos (ver Apéndice I). Previamente al muestreo definitivo, el cuestionario piloto se probó con cinco estudiantes de nivel bachillerato voluntarios en la REM para mejorar el cuestionario. Estos participantes fueron excluidos de la encuesta definitiva.

#### *Características de la muestra y recolección de datos*

La muestra de encuestados fue de conveniencia y no probabilística, debido a que se desconoce el tamaño de la población de visitantes en la REM. Además que consistió de usuarios de senderos contactados por el investigador en caminatas o patrullajes ambulantes por diferentes áreas de la reserva, y que aceptaron participar de

manera voluntaria y anónima sin distinción de género o edad. Los encuestados fueron visitantes solitarios o un integrante de grupo. En este último caso, solo el integrante con mayor experiencia en la reserva fue entrevistado. Las encuestas ocurrieron en el mismo sitio de contacto o mientras los visitantes eran acompañados en su recorrido a través de la reserva para completar la colecta de información. El anonimato y el acompañamiento fueron estrategias para incrementar la participación.

La intención de hacer la encuesta en patrullajes ambulantes fue para localizar visitantes de la REM que ingresaron por distintos puntos de su periferia, para identificar in situ los lugares más frecuentados en la reserva, y registrar las distintas actividades que ocurren tanto dentro como fuera de los senderos. Esto último incluye el registro de aquellas actividades prohibidas en la reserva y que son clandestinas y difíciles de observar.

El Cuadro 1 resume el calendario y número de patrullajes realizados. En los meses de trabajo de campo, se realizaron en promedio tres recorridos o patrullajes por semana en fechas seleccionadas a priori incluyendo días entre semana y fines de semana. Los patrullajes tuvieron una duración promedio de cuatro horas (mínimo tres, máximo siete) alternando horarios de inicio de estos a las 08:00 y las 14:00 horas para cubrir diferentes horas del día.

Los patrullajes iniciaron en el área de oficinas de Pronatura Sur en la REM, aunque en cada ocasión los patrullajes siguieron rutas diferentes alternando senderos. Cuando las lluvias fueron intensas y prolongadas, los patrullajes del día fueron suspendidos y realizados hasta el siguiente día que presentó mejores condiciones meteorológicas, o en ocasiones reanudados en un horario más tarde.

Al respecto, los patrullajes calendarizados, son uno de los métodos más utilizados por los guardaparques en ANP para monitorear usuarios en áreas y horarios de mayor uso (Watson et al. 2000). Aunque este no es un método útil para estimar el número de usuarios, ya que registra solamente los usuarios visibles en el trayecto del observador y no registra aquellos con visitas cortas o breves (Watson et al. 2000). Este método se consideró conveniente para obtener información in situ sobre las diferentes formas del uso y su distribución espacial de la reserva, incluyendo aquellos usos difíciles de observar por no estar permitidos por la administración de la reserva.

Los usos no permitidos suelen ocurrir fuera de la vista de otras personas y senderos principales (p. ej. la extracción clandestina de leña, vandalismo, drogadicción y alcoholismo), además que dichas actividades no son evidentes para otras formas de monitoreo directos e indirectos (p. ej. encuestas y registro voluntario en entradas, permisos obligatorios, contadores mecánicos o eléctricos y fotografías aéreas entre otros; ver Watson et al. 2000; Hendee y Dawson 2002).

De manera general la duración de la encuesta fue menor a 15 minutos. En ocasiones fue posible continuar posteriormente con una entrevista informal a manera de conversación con los visitantes que solicitaron información adicional del propósito de la investigación, y estuvieron dispuestos a ampliar voluntariamente la información. Esta última cuando fue permitida por los usuarios, fue almacenada en una grabadora de voz digital Olympus ws-100 para su transcripción posterior y análisis de contenido.

Ocasionalmente se escribieron pequeñas notas de lo observado. Estas fueron sobre características específicas de las visitas, del perfil de usuarios de senderos, comportamientos, impactos y localización de sus actividades con propósitos de complementar la información.

### *Análisis de datos*

Los datos cuantitativos de los cuestionarios fueron codificados y capturados en una base de datos en SPSS para Windows versión 11 (SPSS Inc., Chicago, Illinois). El análisis de los datos fue descriptivo, y consistió en el cálculo de frecuencias y porcentajes de los datos correspondientes a las distintas variables examinadas (Zar 2010). Las conversaciones almacenadas en la grabadora digital fueron transcritas para un análisis de contenido. Esta última información se utilizó solo para complementar y enriquecer la información presentada a manera de comentarios en la sección de resultados y para enriquecer la discusión.

Cuadro 1. Calendario de patrullajes para realizar la encuesta en la REM

Periodo	Año	Mes	Núm. de Patrullajes		Total
			Diurnos	Nocturnos	
1	2007	Octubre	12	1	13
		Noviembre	12	1	13
		Diciembre	12		12
2	2008	Febrero	5	1	6
		Marzo	6	1	7
				Total	51

### **3.5. Cuento de visitantes**

El conteo de visitantes se realizó con el propósito principal de cuantificar el nivel de uso de la REM por un periodo de tiempo limitado en el transcurso de un mes. El trabajo de campo para el conteo de visitantes fue realizado entre los meses de abril y mayo de 2008. El conteo de visitantes solo fue posible después del inventario y mapeo de senderos. El mapa de senderos fue necesario para comprender la articulación de los

senderos, ubicar los accesos a la reserva, planificar el diseño de conteo y capacitar a los voluntarios participantes de este proyecto.

#### *Muestra y recolecta de datos*

El conteo consistió en el registro visual de las visitas individuales o grupos de personas que transitaron por cinco estaciones de monitoreo. Estas últimas fueron establecidas en sitios identificados por el investigador como “cuellos de botella” y en las cercanías de las colonias urbanas vecinas (Figura 10).

En la selección de los sitios utilizados como estaciones de monitoreo se consideraron, 1) cubrir las rutas y accesos a la reserva donde el investigador observó un mayor flujo de personas en la fase previa de inventario de senderos, y 2) reducir al mínimo el traslape de las rutas de tránsito y la posibilidad de que los usuarios pudieran ser contabilizados dos veces. El monitoreo de visitantes fue realizado por el investigador y con la ayuda de cuatro estudiantes de la Universidad Intercultural de Chiapas (UNICH), los cuales fueron previamente capacitados para la toma de datos en campo.

El monitoreo fue realizado a lo largo de 17 días discontinuos en el calendario y distribuidos en cinco fines de semana, rotando las estaciones y tiempos de conteo en igual número de horas y días (ver Cuadro 2). En total cada estación fue monitoreada en ocho ocasiones, durante días no lluviosos. El conteo de usuarios inició entre las 7:30 y las 8:00 horas y finalizó a las 12:00 horas. Las fechas y horarios de monitoreo fueron definidos con base a la disponibilidad de tiempo de los voluntarios.

Los registros visuales de los visitantes fueron capturados en una hoja de monitoreo cuyo formato fue basado y modificado de Watson et al. (2000). Las variables examinadas fueron tamaño de grupo, horarios de entrada y salida, edad, sexo,

nacionalidad, origen étnico, tiempo de uso, modo de viaje, número y tipo de animales de compañía, mercancía transportada (ver Apéndice II).

Adicionalmente se tomaron breves notas descriptivas y generales del comportamiento, vestimenta, comunidad de origen y destino de los visitantes de la reserva. Por alertas de inseguridad en el área de bosque y para vigilar el buen desarrollo del proceso de conteo de visitantes, el investigador recorrió en cada fecha de conteo, todos los sitios de monitoreo que operaban simultáneamente y acompañó alternadamente a los voluntarios hasta el final del horario de monitoreo.

#### *Análisis de datos*

Los datos obtenidos fueron codificados y capturados en el programa SPSS para Windows versión 11 (SPSS Inc., Chicago, Illinois). Los datos capturados fueron verificados para comprobar la existencia de errores de captura y se eliminaron aquellos casos con datos incompletos o dudosos. Aunque se obtuvieron datos adicionales, para el análisis de datos se consideraron únicamente aquellos casos registrados entre las 7:30 y las 12:00.

El análisis estadístico de las variables consistió en la descripción de frecuencias y porcentajes de los datos de las variables examinadas, y el cálculo de promedios y desviaciones estándar de flujo de visitantes por estaciones de monitoreo (Zar 2010). Para comparar los promedios de flujos de visitantes por día de semana se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) considerando una probabilidad del 5% ( $p=0.05$ ).

Cuadro 2. Estaciones y fechas de conteo de visitantes en la Reserva Ecológica Moxviquil en 2008.

Día	Fecha	Estación	Estación	Estación	Estación	Estación
		1	2	3	4	5
		Ojo Agua	Cañada 2	Real de Jovel	Campa- mento	Milpa
Vie	11/04			X	X	X
Sab	12/04			X	X	X
Dom	13/04			X	X	X
Ma	15/04			X	X	X
Vie	18/04	X	X			
Sab	19/04		X			
Dom	20/04	X				
Lun	21/04	X	X			
Vie	25/04			X	X	X
Sab	26/04			X	X	X
Dom	27/04			X	X	X
Lun	28/04			X	X	X
Vie	02/05	X	X			
Sab	03/05	X	X			
Dom	04/05	X	X			
Lun	05/05	X	X			
Dom	11/05	X	X			

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Inventario, elaboración de mapas y clasificación de senderos

En términos generales, el proceso de inventario y la elaboración de mapas de senderos, reveló que en el área de bosque estudiada al norte de la ciudad de San Cristóbal existe una extensa red de senderos fuertemente enlazados y que son objeto de usos múltiples por parte de los pobladores residentes del área. La longitud total de senderos inventariados con el GPS se estima en 73.85 km, de los cuales 33.07 km están presentes dentro de los límites de la REM.

En la Figura 4 se presenta un mapa general de la red de senderos inventariados así como una selección de destinos puntuales identificados en la REM y sus alrededores. En el mapa las líneas discontinuas o punteadas representan la trayectoria de los senderos a través del bosque y la articulación entre ellos. Las líneas discontinuas en distinto color y número señalan también la ubicación de las tres clases de senderos identificadas dentro de la REM: (1) senderos de uso frecuente o primarios, (2) senderos en desuso o secundarios y (3) senderos de leña o terciarios. Dicha clasificación señala algunas diferencias observadas en campo en relación al uso de los senderos y el estado de conservación del suelo y la vegetación de estos. El Cuadro 3 muestra la descripción correspondiente a estas tres clases de senderos, mientras que en la Figura 5 se muestran algunas fotos de los senderos como ejemplo.

En el mapa (Figura 4) están señalados también una selección de destinos puntuales como es la presencia de milpas alrededor de la reserva (polígonos en verde), de sitios de campamento (triángulos amarillos) y algunas grutas de tamaño pequeño (círculos blancos). En el interior de la REM se localizaron en total 17 sitios de

campamento y seis grutas, la mayoría de ellos situados en las cumbres de los cerros y la parte intermedia de la reserva entre los 2, 280 a 2, 360 m.s.n.m.

Los sitios de acampado (en total 22 en toda el área inventariada) se caracterizaron por ser áreas circulares descubiertas de vegetación, usualmente con suelos pobres en materia orgánica permanente y con restos de uno o varios anillos de piedra utilizados en fogatas. Las grutas (todas dentro de la REM) se caracterizan por tener pequeñas entradas con diámetro de 1 a 3 m, de orientación vertical u horizontal y relativamente poco profundas aunque no se midieron. Algunas de las grutas son visitadas regularmente para contemplación. En la Figura 6 se muestran algunas fotos de los usos registrados alrededor y al interior de la REM.

#### **4.2. Usos de los senderos observados**

Los senderos de la REM son objeto de distintas actividades que ocurren dentro y fuera de los senderos. Entre las actividades observadas los senderos son utilizados por las personas como atajos para cruzar entre colonias separadas por los bordes de la reserva; para la extracción de recursos forestales principalmente leña en diversas partes del bosque; para el acceso a pequeñas propiedades como milpas y áreas desmontadas para la producción de carbón vegetal localizadas en los alrededores de la reserva; para el acceso a sitios puntuales de uso recreativo y religioso como cuevas y sitios de acampado; y como rutas de viaje entre la ciudad de San Cristóbal y comunidades campesinas al norte de la reserva en el municipio indígena de San Juan Chamula (Cuadro 4).

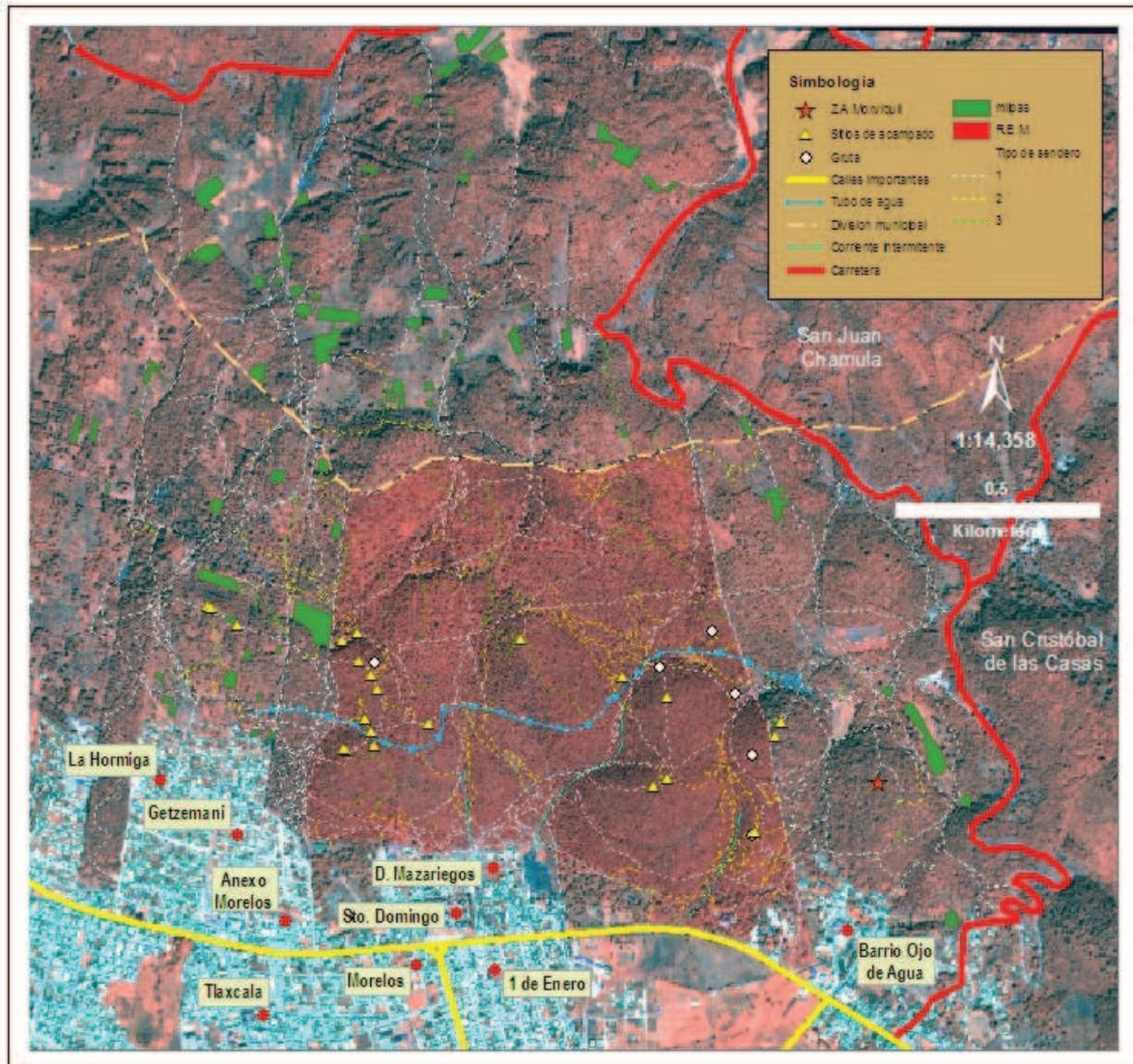


Figura 4. Mapa general de senderos en la Reserva Ecológica Moxviquil y algunos sitios puntuales principales, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.

Cuadro 3. Descripción de clases de senderos identificados en la REM.

<b>Clases de senderos</b>
<p><b>Senderos de uso frecuente o primarios</b></p> <p>Longitud acumulada: 19.73 km.</p> <p>Son senderos con un corredor descubierto de vegetación y suelo generalmente desnudo (sin plantas y capa orgánica permanente) debido al tránsito frecuente de personas que ejercen un continuo pisoteo, abrasión y desbroce de la vegetación a lo largo del recorrido. Tienen un corredor bien formado y amplio, generalmente de un metro de ancho aunque en algunos tramos con pendiente se ha ensanchado alcanzando desde los cuatro hasta los siete metros de amplitud. En la REM estos senderos están ampliamente extendidos en toda el área de la reserva, aunque están más ramificados en las parte intermedia y baja; son los más utilizados por las personas para desplazarse a través del bosque y son también los senderos donde se observaron los mayores impactos por el uso de la gente (p. ej. acumulación de basura, extracción de leña, vandalismo, formación de senderos paralelos). Los efectos de la erosión por escurrimientos de agua de lluvia en algunos tramos con pendiente pronunciada está provocando que el agua corra atrapada a lo largo del sendero, se pierda rápidamente el suelo, y queden expuestos rocas y raíces de plantas que dificultan el tránsito.</p>
<p><b>Senderos en desuso o secundarios</b></p> <p>Longitud acumulada: 9.32 km.</p> <p>Son senderos en proceso de desuso o abandonados que se caracterizan por tener un corredor y suelo cubiertos de vegetación secundaria (hierbas y arbustos de rápido crecimiento); el corredor es aún visible aunque en algunos tramos el ancho del corredor casi ha desaparecido por el crecimiento de la vegetación. Estos senderos se localizan generalmente en la parte media y baja de la reserva. Además de mostrar signos de haber sido utilizados para la extracción de leña, otro problema importante es la erosión del suelo en algunos segmentos con pendiente elevada. En algunos tramos debido a los efectos de la erosión, el piso es muy pedregoso y las raíces de los árboles están expuestas lo que los hace difíciles de caminar y poco transitables. En el tiempo de estudio casi no se observaron personas o evidencias de uso reciente en esta clase de senderos.</p>

**Senderos de leña o terciarios**

Longitud acumulada: 4.02 km.

Son senderos recubiertos de vegetación donde apenas se percibe un corredor en formación debido a que el uso es aún bajo o muy reciente. La vegetación del corredor se caracteriza por mostrar signos de haber sido recientemente doblada o pisoteada por el paso de personas, en ocasiones es posible ver algo de remoción de suelo por el pisoteo. En la REM estos senderos se encontraron en las partes altas y generalmente en áreas escondidas y utilizadas principalmente para la extracción de leña. Generalmente no se observaron personas en estos senderos más que restos de objetos olvidados (leña cortada y botellas de plástico).



Figura 5. Aspecto general de las tres clases de senderos. Arriba, senderos de uso frecuente o primarios; en medio, senderos en desuso o secundarios; abajo, senderos de leña o terciarios.



Figura 6. Usos múltiples alrededor e interior de la REM. De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. Arriba: Extracción de leña, milpa, área de acampado. En medio: terrenos desmontados para producción de carbón vegetal y horno rústico. Abajo: gruta, ofrenda religiosa, sendero.

Cuadro 4. Comunidades rurales (conocidos localmente como parajes) ubicados al norte de la REM y la ciudad de San Cristóbal de Las Casas. Fuente: elaboración propia a partir de base de datos del INEGI (2010)

Municipio	Localidad	Dirección	Latitud	Longitud	Altura (m.s. n.m.)	Población	Distancia a la REM en km
San Juan Chamula	Pozuelos	NE	16° 46' 23"	92° 37' 15"	2483	440	2.5
	Saclamantón	N	16° 47' 20"	92° 38' 03"	2463	1348	3.6
	Sactzu	NE	16° 47' 58"	92° 36' 29"	2454	603	5.6
	Joltzemén	NE	16° 48' 18"	92° 37' 15"	2332	946	5.5
	Muquén	NE	16° 48' 32"	92° 36' 31"	2309	1480	7.5
	Nitijom	NE	16° 47' 14"	92° 36' 44"	2300	196	3.7
	Jolpajaltón	N	16° 48' 06"	92° 38' 51"	2543	438	6.0
	Jolbón	N	16° 49' 31"	92° 37' 52"	2403	104	7.5
	Yutniotic	N	16° 49' 09"	92° 38' 47"	2250	567	7.5
	Milpoleta	NO	16° 46' 20"	92° 39' 39"	2380	889	3.2
San Cristóbal de Las Casas	Yaalboc	NE	16° 46' 40"	92° 36' 18"	2553	362	3.9
	El Pinar	E	16° 45' 24"	92° 36' 15"	2446	931	3.5
	San Antonio del Monte	NO	16° 45' 36"	92° 39' 12"	2267	2196	1.6

### **4.3. Ubicación de las principales rutas y accesos**

En la Figura 7 se presenta un mapa con las principales rutas de tránsito de personas y accesos identificados dentro de la REM. La propuesta de las rutas es una interpretación del autor basado en numerosas horas de observación acumuladas y de la información obtenida de las entrevistas informales. En el mapa, los senderos de la REM que forman parte de las rutas más utilizadas por los visitantes están señalados en línea sólida o continua y se caracterizan por encontrarse en senderos de uso frecuente o primarios (ver clasificación de senderos en sección anterior).

En general los senderos que se muestran en el mapa con orientación norte-sur (Figura 7), se caracterizan por cambiar muy rápidamente de altitud y permitir el ascenso y descenso rápido de personas por las laderas de los cerros. Estos senderos son notables porque son parte de antiguas rutas de transporte y comunicación entre comunidades al norte de la reserva en el municipio indígena de San Juan Chamula y la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, aunque actualmente están en proceso de desuso.

Las rutas antiguas en la REM, desembocan o inician en senderos dendríticos (muy ramificados) en las colonias Diego de Mazariegos, Getzemaní y La Hormiga de la ciudad de San Cristóbal. Por otra parte los senderos con orientación este-oeste en el mapa, se caracterizan por tener muy poca variación de altitud, conectan los senderos de ascenso-descenso y permiten ascender-descender escalonadamente.

En la REM se localizaron al menos 18 puntos de acceso (o entradas-salidas) ubicados en su periferia, la mayor parte de ellos situados en la parte baja e intermedia de la reserva y colindantes con las colonias urbanas. La presencia de numerosos

accesos permite a los visitantes múltiples posibilidades de iniciar el ascenso o el abandono de la reserva utilizando la articulada red de senderos de la reserva.

Fue observado además que no todo ingreso a la reserva ocurre desde las partes bajas. En campo se observó que algunas personas comenzaron el ascenso al bosque desde senderos ubicados en predios vecinos a la reserva y ubicados en las partes altas de las colonias La Hormiga y Getzemaní. Estos visitantes ingresaron posteriormente a terrenos de la REM utilizando algunos accesos situados en la parte intermedia y al lado oeste de la reserva. Este último hecho es trascendente debido a que la detección de visitantes que ingresan o abandonan la reserva de este modo es más difícil de monitorear o vigilar por el guardaparque, debido a su lejanía con las oficinas de la organización Pronatura.

Entre los senderos de mayor uso en la REM es notable el “sendero interpretativo” por ser el único sendero formal en toda la reserva en ser diseñado. Su construcción es reciente y fue construido en el año 2006 con una longitud de 2.31 km. El resto de los senderos son informales al ser creados y perpetuados sin planeación por el paso repetido y continuo de personas.

El sendero interpretativo fue creado para propósitos educativos y recreativos en la REM. Este mismo permite el acceso a los visitantes hacia un par de sitios de campamento y un par de grutas. Una de estas últimas está abierta al público para su contemplación y cuenta con escalones y pasamanos. El recorrido del sendero interpretativo es un circuito que rodea las laderas de un par de cerros y su trazo recuerda un cacahuate. Su entrada se ubica junto a las oficinas de Pronatura Sur y el área de estacionamiento. El sendero interpretativo está dotado en algunas secciones de infraestructura como escalones de piedra natural y canales de desagüe.

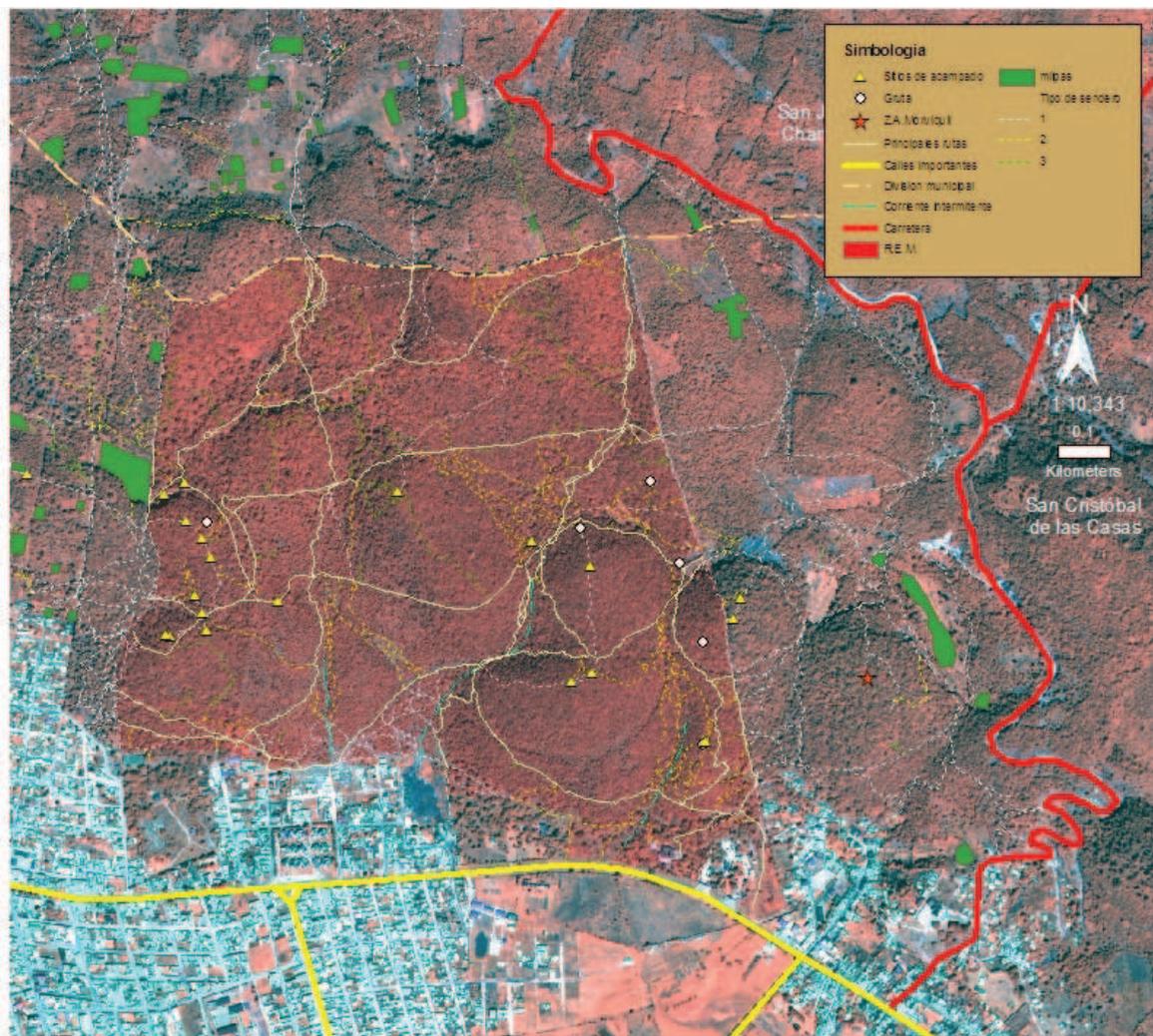


Figura 7. Mapa que presenta la trayectoria de los principales senderos utilizados en la Reserva Ecológica Moxviquil, Chiapas (línea continua).

#### **4.4. Impactos biofísicos más comunes a los recursos de los senderos**

Entre los impactos biofísicos observados a lo largo de los senderos y sus áreas aledañas, fueron comunes en la REM sin orden de importancia: la erosión del suelo, la poda y tala de árboles para la extracción de leña, la acumulación de basura a los lados de los senderos, y el vandalismo (ver Figura 8).

##### *Impactos hacia el recurso suelo*

La erosión fue un impacto común en todos los senderos, pero los efectos de la pérdida de suelo fueron observados con mayor frecuencia en los segmentos de los senderos de uso frecuente y en desuso alineados en dirección de la caída de agua o con descenso rápido. Esto es, con una trayectoria perpendicular a las curvas de nivel del terreno.

En campo se observó que cuando los senderos tienen descenso o caída rápida, el agua de lluvia corre acanalada por ellos arrastrando suelo. En ellos es más frecuente observar un mayor afloramiento superficial de rocas y raíces de plantas, y un piso más agrietado y hendido en el centro respecto a los senderos en sitios llanos o con poca pendiente del terreno. En los senderos con descenso rápido se observó además que el tránsito se dificulta y cuando están húmedos se tornan resbalosos aumentando el riesgo de sufrir lesiones en caso de caídas accidentales.

En la REM los tramos de senderos con erosión extrema tienen el aspecto de canales profundos y amplios. En estos casos la profundidad del piso del sendero puede alcanzar hasta 1.5 m en el centro respecto al nivel de suelo adyacente y tener un corredor con anchuras de cuatro a los siete metros (observación personal). Los senderos de descenso rápido suelen además estar trenzados con otros senderos paralelos que presentan diferentes problemas de erosión. El problema observado de los

senderos trezados es que repiten rutas de viaje, y aumentan la superficie área perturbada y de suelo expuesto a la erosión.

Por medio del SIG se estimó que la longitud acumulada de senderos con descensos rápidos o alineados perpendicularmente a las curvas de nivel del terreno es de 12 km. Lo anterior incluye los senderos creados sobre las brechas corta fuego que separan los límites de la reserva con las tierras adyacentes.

En el mapa de la Figura 9 se presenta la ubicación de los senderos con descensos rápidos o alineados en dirección de la caída del agua donde fueron observados los mayores problemas de erosión en campo. En los senderos llanos, un problema frecuentemente observado es la falta de drenaje en algunos puntos, lo que ocasiona la formación de áreas encharcadas o de lodo en el sendero dificultando el tránsito. En los puntos de pobre drenaje se observó con frecuencia pisoteo de la vegetación circundante, senderos paralelos alrededor de estos, y aumento del área perturbada expuesta a la erosión.

Aunque la erosión del suelo es un proceso natural, se observó que en la REM su manejo es una práctica que recibe muy poca atención por parte de la administración. La creación de drenajes y escalones de piedra y troncos para la retención de suelo solo se observó en el sendero interpretativo, no habiendo sido observado acciones para el control de la erosión en otros senderos.

#### *Impactos hacia la vegetación*

La presencia de árboles podados o cortados para la extracción de leña se observó muy extendida en todos los senderos y sitios de acampado inventariados. En la REM y sus alrededores fue común encontrar árboles de encino que presentan un tronco deforme (tocones), varios de ellos con más de un “tronco” o ramas desde la base por

haber sido podados o talados con anterioridad. Los árboles en distintas áreas recorridas presentan diversos grados de extracción y alturas, pero fue en la REM donde se percibió una mayor altura de los árboles (entre 5 y 10 m) respecto a sus alrededores, sin embargo esto necesita ser confirmado en futuros estudios.

Fuera de los límites de la reserva, en tierras vecinas fueron observados numerosos parches de tierra utilizados por pobladores del área para el cultivo de milpas y la producción de carbón vegetal. En las milpas es básico el cultivo de maíz, frijol y calabaza. Estas áreas carecen típicamente de árboles porque en varios casos fueron cortados o si están presentes están aislados. En los parches para la producción de carbón persisten los árboles cortados a nivel de suelo los cuales rebrotan con apariencia arbustiva. Estos últimos árboles tienen alturas variables que no superan generalmente los 5 m (observación personal).

En conversaciones con leñadores, fue posible conocer que la leña y el carbón vegetal son utilizados en muchos hogares del área para la cocción de alimentos, calefacción de hogares y calentamiento del agua para el aseo personal. La leña y el carbón son utilizados con propósitos de autoconsumo y venta en la ciudad de San Cristóbal. En el periodo de trabajo de campo de esta investigación, se observó que los esfuerzos de conservación del bosque se limitaron principalmente a labores de vigilancia para evitar o persuadir que la gente extraiga leña sin ofrecer otras opciones alternativas a los usuarios de leña de la reserva.

#### *Acumulación de basura*

La acumulación de basura o residuos sólidos es otro problema común de casi todos los senderos, particularmente de aquellos de uso frecuente o primarios, y también de todos los sitios de acampado. En la REM el problema de la acumulación de basura

se observó más concentrado en los senderos con mayor tránsito y cercanos a las colonias urbanas. Estos últimos senderos tienen la particularidad de ser frecuentemente utilizados como atajos entre las colonias vecinas.

En los sitios de campamento, un problema común es la presencia de bolsas con basura “olvidada” en el suelo o colgadas en los árboles. Entre los residuos sólidos se observaron generalmente botellas de plástico de bebidas gaseosas, botellas de vidrio de cervezas, bolsas de plástico, latas de aluminio de bebidas y de alimentos, corcholatas, envoltura de frituras y golosinas, restos de calzado, restos de ropa, pilas desechables, restos de papel y cartón, trastes usados, pañales y alimentos en descomposición entre otros. Se observó que la presencia de basura tiene efectos visuales sobre el paisaje que podría afectar las experiencias de los visitantes a la REM, y atrae perros callejeros de las colonias vecinas.

Respecto al manejo de la REM, se observó que en el tiempo que se realizó el trabajo de campo, el guardaparque de la REM coordinó varias jornadas de recolección de basura con la ayuda de alumnos voluntarios del Colegio de Bachilleres 58 de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas. El trabajo ayudó a mejorar el aspecto de pequeñas porciones de la reserva, sin embargo el problema de la acumulación de residuos es continuo y está más extendido que los esfuerzos realizados hasta ese momento.

### *Vandalismo*

El vandalismo es entendido aquí como el ánimo o espíritu de destruir sin respetar cosa alguna. Este se observó hacia diferentes recursos del bosque e infraestructura de la reserva. Se caracterizó por la destrucción intencionada (forzada) de la infraestructura como cercas, señales de orientación (letreros), bancas y palapas de descanso en el

sendero interpretativo, daño a los árboles con herramientas punzocortantes y el uso de pinturas de aerosol sobre troncos y rocas.

El vandalismo ocurrió principalmente en la parte baja e intermedia de la reserva, en diversos lugares como espacios de vegetación cerrada fuera de la vista pública, sitios de acampado y senderos de uso frecuente. En febrero de 2008 se registró un incendio posiblemente intencional de una palapa con bancas para descanso adyacente al sendero interpretativo. El fuego fue apagado por guardaparque de la REM, sin embargo la palapa y las bancas de madera quedaron totalmente destruidas. Los restos fueron removidos por el guardaparque de la reserva sin ser repuesta la infraestructura perdida.

Al igual que la basura, el vandalismo provoca un impacto visual sobre el paisaje, puede afectar las experiencias de otros visitantes, dañar la vegetación y representan costos económicos para la administración porque se pierde la inversión realizada y el remplazo de infraestructura dañada representa gasto. La vigilancia en la reserva es el método preventivo para contener los impactos por vandalismo, pero este continúa.

#### *Otros impactos*

Otros impactos observados y/o reportados por el guardaparque de la reserva es la extracción de plantas de lento crecimiento como las orquídeas y bromelias. Personalmente se observó la recolección de bromelias en una ocasión. En conversación con un visitante se pudo conocer que las bromelias son utilizadas para la ornamentación de cruces y santos religiosos.

El problema con el uso de las bromelias y orquídeas es que además de ser de lento crecimiento, de acuerdo con el guardaparque se ha percibido una disminución de su presencia con el paso de los años lo cual necesita ser evaluado para conocer el

impacto sobre estos recursos. Adicionalmente a los impactos mencionados, se observó la presencia de perros que visitan regularmente la reserva y provienen de las colonias vecinas. El problema observado con los perros es que pueden resultar agresivos con los visitantes, dispersan la basura olvidada por los visitantes en áreas de acampado y senderos. En un par de ocasiones fueron vistos cachorros de perro cerca de los sitios de campamento, abandonados o probablemente nacidos en la reserva.



Figura 8. Aspecto general de impactos en senderos de la Reserva Ecológica Moxviquil, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.

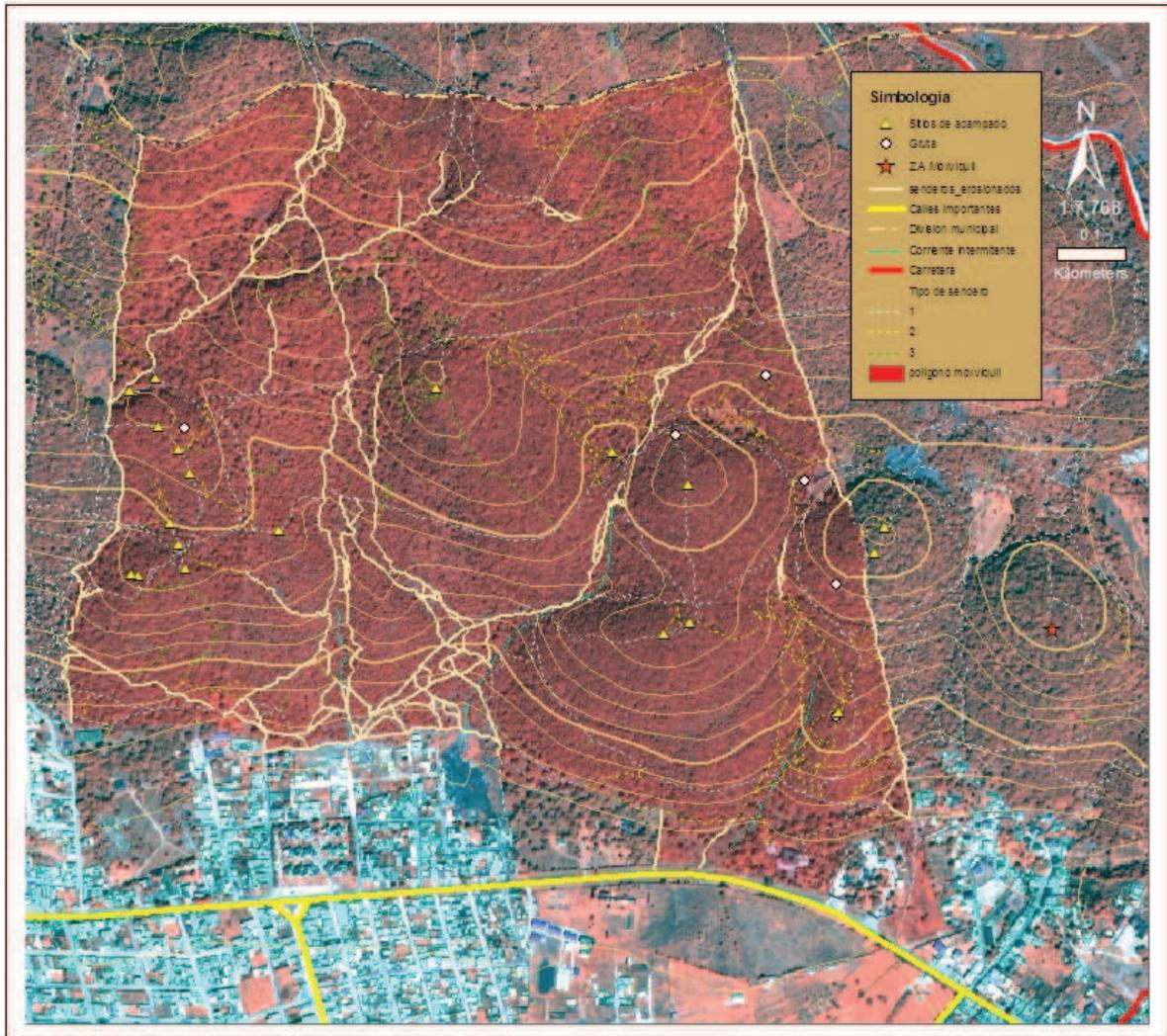


Figura 9. Ubicación en la Reserva Ecológica Moxviquil de los segmentos de senderos alineados en dirección de la caída de agua y donde fueron observados los mayores problemas de erosión.

#### **4.5. Perfil de usuarios de los senderos**

##### *Número de encuentros y encuestados*

En 51 días de patrullajes ambulantes se registraron 129 encuentros de personas solitarias o en grupo dentro de los límites de la REM. El número de encuentros varió desde ninguno hasta una decena de encuentros por día. La mayoría de los encuentros ocurrieron en la parte baja de la reserva, particularmente en los senderos ubicados en los límites con las colonias vecinas.

En total se entrevistó a 73 personas (56.6% del total de encuentros registrados) quienes aceptaron participar voluntariamente en el estudio. El rechazo a participar ocurrió principalmente en personas solitarias y grupos de mujeres indígenas de la región de los Altos. También ocurrió entre usuarios que manifestaron tener “prisa”, entre recolectores de leña, o cuando manifestaron tener un bajo entendimiento del español, lengua en que fue realizada la encuesta. De los Cuadros 5 al 12 se presentan los resultados resumidos de la encuesta.

##### *Perfil demográfico*

Los participantes en la encuesta fueron principalmente personas del sexo masculino (76.7%); en el rango de edad de 16 a 45 años (64.4%) y de nacionalidad mexicana (95.9%; Cuadro 5). Poco más de la mitad de los usuarios admitieron tener raíces indígenas (57.8%), de los cuales la mayoría son originarios del vecino municipio de San Juan Chamula (52.4%) La diferencia en la proporción de sexos se debió a la frecuente negación de las mujeres a ser encuestadas y porque en los grupos con presencia de ambos sexos, fueron generalmente los hombres quienes respondieron a las preguntas del investigador.

De los encuestados, el 24.7% de ellos manifestaron tener su domicilio en diversas colonias de la ciudad. Sin embargo la mayoría de ellos mencionaron pertenecer a colonias ubicadas en el norte la ciudad y adyacentes a la reserva, particularmente fueron del Barrio Ojo de Agua (21.9%), Getzemaní (17.8%) y la Hormiga (12.3). Solo cuatro de los encuestados (5.5%) admitieron tener su domicilio permanente en el municipio de San Juan Chamula, específicamente en la comunidad de Pozuelos y Saclamantón.

En relación a la ocupación de los encuestados, la mayoría manifestaron estar empleados como peones en la construcción de viviendas (34.2%), seguido de los dedicados al estudio (19.2%) y después a los quehaceres del hogar (12.3%). En relación a la escolaridad de los encuestados, el 23.3% manifestó carecer de alguna instrucción escolar, mientras que el 38.4% reportó tener algún estudio de primaria y un 13.7% algún estudio de secundaria. Solo 16.5% reportó estudios de universidad o posgrado.

#### *Conocimiento de la Reserva Ecológica Moxviquil*

De acuerdo al conocimiento de las personas encuestadas entorno a la REM, el 56.2% admitió tener conocimiento del nombre de la reserva o que es una reserva privada. Sin embargo, conocen principalmente la ubicación de la reserva por vivir cerca (54.8%), o por influencia de amigos y vecinos (34.2%). Por otro lado al ser cuestionados si habían escuchado de la asociación Pronatura Sur, 67.1% admitió no haber escuchado antes sobre ella o no conocer a que se dedican (Cuadro 6). Adicionalmente se observó que muchos de los encuestados no entendían el significado de lo que es

una reserva ecológica o un área natural protegida y sus objetivos, esto puede estar asociado con su bajo entendimiento de los propósitos de la REM

#### *Experiencia de uso de la reserva*

De las personas encuestadas, 15.5% reportó visitar la REM por primera vez, contrario al 60.2% restante quienes reportaron un uso de la reserva superior a un año (Cuadro 7). Durante la encuesta se observó como tendencia general que los usuarios que reportaron el uso de los senderos con más tiempo en la REM (>30 años), eran personas con edades igual o superior a los 46 años y residentes de las colonias del norte de la ciudad de San Cristóbal, pero también del municipio de San Juan Chamula (comunidades de Saclamantón y Pozuelos). Estos usuarios admitieron utilizar los senderos de la REM particularmente como sitio de paso para dirigirse a pequeñas propiedades de bosque o milpa al norte de la reserva. El caso más antiguo que se registró, correspondió al testimonio de un campesino de Saclamantón con más de 50 años de uso de los senderos.

En relación a la frecuencia de uso de los senderos de la REM, el 30.1% admitió utilizarlos todos los días, mientras que 26% de 1 a 5 días/semana. Respecto al día de la semana, el 58.9% de los casos reportó el uso de senderos tanto entre-semana (lunes a viernes) como en fines de semana (sábado y domingos). En cuanto a la estacionalidad del uso, la mayoría (78%) reportó usar los senderos todo el año.

#### *Tamaño de grupo y parentesco*

La mayoría de las personas encuestadas viajaban en grupos, solo el 23.3% fueron usuarios solitarios, mientras los tamaños de grupo más frecuentes fueron aquellos de dos personas (26%) y grupos de tres personas (20.5%; Cuadro 8). El restante 30.2% fueron grupos igual o mayores a cuatro personas de los cuales el grupo

de mayor tamaño fue uno de 38 personas. Se observó que los grupos más numerosos se caracterizaron por ser grupos religiosos de iglesias evangélicas (de acuerdo a sus testimonios), visitantes con propósitos recreativos y grupos escolares de diferentes niveles que recibieron visitas guiadas educativas por parte de la administración de la reserva.

Adicionalmente fue observado que la mayoría de los usuarios solitarios fueron hombres, mientras que las mujeres estuvieron generalmente acompañadas, generalmente por solo mujeres o por hombres adultos, jóvenes y/o de niños. Los grupos encuestados estuvieron formados en más de la mitad de los casos por miembros de la familia núcleo en 58.9%, seguidos por los grupos de amigos en el 21.4% de los casos (Cuadro 8).

#### *Duración de la estadía*

Los tiempos de estadía más frecuentes en la reserva fueron aquellos con duración menor a 30 minutos (49.3%), seguidos por aquellas permanencias de 2 a 5 horas de duración (26%) y de 1 a 2 horas (12.3%; Cuadro 9). Las breves estadías en la reserva fueron hechas por los vecinos de las colonias aledañas que utilizaron los senderos como atajos entre colonias contiguas. Las estadías largas, generalmente superiores a las dos horas fueron reportados por personas que acudieron a la reserva con propósitos de buscar leña, realizar actividades recreativas, religiosas y trabajo voluntario de vigilancia y mantenimiento hecho por estudiantes de bachillerato.

En general, se observó que el uso de los senderos en la REM se realiza principalmente durante el día y decrece conforme empieza la puesta del sol y se pierde visibilidad en el bosque a partir de las 18-19 horas. El uso nocturno de la reserva también fue registrado, aunque se desconoce el nivel de uso y requiere ser evaluado en

futuros estudios de monitoreo. En los cuatro patrullajes nocturnos se contabilizaron un total de cinco grupos religiosos quienes fueron localizados en distintos sitios de campamento situados en las cimas de los cerros.

De los grupos religiosos contactados solo uno reportó haber pernoctado en la reserva la noche anterior. Los grupos religiosos nocturnos mencionaron intenciones de permanecer en la reserva por espacio de 2 a 4 horas y reportaron haber ingresado después de las 19:00 horas. En conversaciones los usuarios nocturnos comentaron que la inseguridad en el área, la falta de equipo para acampar, la falta de tiempo y las temperaturas bajas son algunos de los factores limitantes que les impiden el uso frecuente de la reserva por las noches. También manifestaron que planifican las fechas de visita a la REM desde sus iglesias, sin embargo no suelen reportarlo a la administración Pronatura Sur. Se pudo conocer que la afluencia de visitantes nocturnos es de conocimiento de la administración de la reserva pero es difícil registrarlo.

#### *Actividades de los visitantes*

La actividad más frecuentemente reportada por los usuarios en 50.7% de los casos fue el uso de los senderos de la REM como rutas de viaje o atajos, seguido en un 13.7% por actividades extractivas (principalmente recolección de leña, plantas y hongos). El resto consiste en diversas actividades recreativas (caminata, meditación, observación de naturaleza, entre otros), el acceso a sitios de campamento con fines de oración y ritos religiosos y actividades de trabajo voluntario (Cuadro 10).

#### *Transportación a la REM*

La mayoría de los encuestados (87.7%) reportaron haberse transportado a la REM caminando (a pie), sin uso de algún transporte mecánico. Con menor frecuencia los transportes más utilizados fueron los automóviles particulares (6.8%) y el transporte

colectivo (2.7%; Cuadro 11). Durante la encuesta se observó que la mayoría de las personas que reportaron haberse transportado a pie a la reserva, fueron también aquellos que reportaron tener sus domicilios de residencia o puntos de partida en las colonias adyacentes a la REM al norte de la ciudad.

La mayoría (86.3%) de los encuestados reportaron haber recorrido una distancia menor a los 3 km. El tiempo de traslado por cualquier medio fue en la mayoría de ellos (80.8%) menor a los 30 minutos (Cuadro 11).

#### *Nivel de apoyo hacia acciones de manejo de la REM*

El 58.9% de los encuestados reconocen beneficios en sus vidas de la presencia de la REM. De manera similar el 58.9% están de acuerdo con que se prohíba la extracción de recursos naturales del bosque y un 60.3% que se aplique un reglamento para el control de los senderos y sitios de uso recreativo (Cuadro 12). La mayoría 84% reporta además estar de acuerdo con respetar el uso de entradas y senderos autorizados seguros y en buenas condiciones.

El 72.6% manifestó estar dispuestos a participar en campañas de mejoramiento de los senderos y sitios de recreo. Finalmente 56.2% de los encuestados están de acuerdo con que se cobre una pequeña cuota o tarifa para apoyar la protección de la reserva. En conversaciones las personas encuestadas mencionaron que la tarifa podría estar entre los 5 a 20 pesos.

Cuadro 5. Datos en frecuencia y porcentajes correspondientes al perfil de los usuarios de senderos encuestados.

<b>Sexo</b>	n = 73	%
Masculino	56	76.7
Femenino	17	23.3
<b>Edad</b>	n = 73	%
36-45	19	26.0
16-25	17	23.3
26-35	11	15.1
46-55	9	12.3
56-65	7	9.6
<15	6	8.2
>65	4	5.5
<b>Nacionalidad</b>	n = 73	%
Mexicana	70	95.9
Canadiense	1	1.4
EUA	2	2.7
<b>Raíces indígenas</b>	n = 73	%
Si	42	57.5
No	31	42.5
<b>Localidad origen</b>	n = 42	%
San Juan Chamula	22	52.4
No especificó	9	21.4
Pantelhó	3	7.1
Huixtán	3	7.1
Otro	3	7.1
Tenejapa	2	4.8
<b>Domicilio</b>	n = 73	%
Otro	18	24.7
B. Ojo de Agua	16	21.9
Getzemaní	13	17.8
Hormiga	9	12.3
1o. Enero	4	5.5
P. Pozuelos	3	4.1
Erasto Urbina	2	2.7
Tlaxcala	2	2.7
Anexo Morelos	2	2.7
Extranjero	2	2.7
P. Saclamantón	1	1.4
D. Mazariegos	1	1.4

<b>Ocupación</b>	n = 73	%
Peón	25	34.2
Estudiante	14	19.2
Quehaceres hogar	9	12.3
Empleado	5	6.8
Campesino	4	5.5
Otro	3	4.1
Negocio propio	2	2.7
Pensionado	2	2.7
Maestro	2	2.7
Investigador	2	2.7
Guía de turistas	2	2.7
Pastor de iglesia	1	1.4
Comercio ambulante	1	1.4
No trabaja	1	1.4
<b>Escolaridad</b>	n = 73	%
Primaria	28	38.4
No asistió	17	23.3
Secundaria	10	13.7
Profesional	8	11
Preparatoria	6	8.2
Posgrado	4	5.5

Cuadro 6. Datos en frecuencia y porcentajes correspondientes al conocimiento de la REM de los usuarios de senderos encuestados.

<b>Conoce el nombre de la REM o sabe que es reserva privada</b>		
	n = 73	%
Si	41	56.2
No	32	43.8
<b>Medio de conocimiento de la REM</b>		
	n = 73	%
Vive cerca	40	54.8
Amigos o vecinos	25	34.2
Escuela	4	5.5
Otro	4	5.5
<b>Conoce a Pronatura</b>		
	n = 73	%
No ha escuchado	49	67.1
Si conoce	18	24.7
Algo ha escuchado	6	8.2

Cuadro 7. Datos en frecuencia y porcentajes correspondientes a la experiencia de uso de la REM de los usuarios de senderos encuestados.

<b>Antigüedad de uso</b>	n =73	%	<b>Uso semanal</b>	n =73	%
> 10 años	24	32.9	Ambos	43	58.9
<1 mes - 1 año	18	24.6	Fin de semana (S-D)	21	28.8
1 - 5 años	11	15.1	Entre semana (L-V)	9	12.3
Primera vez	11	15.1	<b>Uso anual</b>		
5 - 10 años	9	12.3	Todo el año	57	78.1
<b>Frecuencia de uso</b>			Primavera	6	8.2
	n =73	%	Otoño	5	6.8
Todos los días	22	30.1	Invierno	4	5.5
1-5 días/sem	19	26.0	Verano	1	1.4
1-2 veces/mes	16	22.0			
Primera vez	11	15.1			
Pocas veces/año	5	6.8			

Cuadro 8. Datos en frecuencia y porcentajes correspondientes al tamaño de grupo y sus relaciones de parentesco de los usuarios de senderos encuestados.

<b>Tamaño grupo</b>	<b>n = 73</b>	<b>%</b>
2	19	26.0
1	17	23.3
3	15	20.5
5	5	6.8
9	4	5.5
4	3	4.1
6	1	1.4
7	1	1.4
8	1	1.4
12	1	1.4
15	1	1.4
17	1	1.4
18	1	1.4
19	1	1.4
20	1	1.4
38	1	1.4

<b>Parentesco</b>	<b>n = 56</b>	<b>%</b>
Núcleo familiar	33	58.9
Amigos	12	21.4
Familia y amigos	6	10.7
Familia extendida	2	3.6
Turistas guiados	2	3.6
Grupo escolar	1	1.8

Cuadro 9. Datos en frecuencia y porcentajes correspondientes a la duración de la estadía en la REM de los usuarios de senderos encuestados.

<b>Estadía</b>	<b>n=73</b>	<b>%</b>
<30 min	36	49.3
2-5 hr	19	26.0
1-2 hr	9	12.3
30 min-1hr	7	9.6
5-12 hr	1	1.4
Pasar la noche	1	1.4

Cuadro 10. Datos en frecuencia y porcentajes correspondientes a las actividades de los usuarios de senderos encuestados.

<b>Actividades</b>	<b>n =73</b>	<b>%</b>
Transitar reserva/ tomar atajo	37	50.7
Colectar leña	10	13.7
Apreciar naturaleza	6	8.2
Orar/religioso	5	6.8
Trabajo voluntario/ comunitario	5	6.8
Hacer ejercicio	4	5.5
Visitar ruinas de Moxviquil	2	2.7
Otro	2	2.7
Convivencia con amigos	1	1.4
Meditar	1	1.4

Cuadro 11. Datos en frecuencia y porcentajes correspondientes a la transportación a la REM de los usuarios de senderos encuestados.

<b>Transporte usado</b>	n =73	%
A pie (caminando)	64	87.7
Automovil privado	5	6.8
Transporte colectivo	2	2.7
Camioneta turismo	1	1.4
Bicicleta	1	1.4
<b>Distancia viajada</b>	n =73	%
<1 km	34	46.6
1-3 km	29	39.7
3-5 km	8	11
>5 km	2	2.7
<b>Tiempo viajado</b>	n =73	%
<30 min	59	80.8
30 min-1 hr	10	13.7
1-2 hr	3	4.1
>2 hr	1	1.4

Cuadro 12. Datos en frecuencia y porcentajes correspondientes al nivel de apoyo hacia el manejo de senderos en la REM de los usuarios de senderos encuestados.

<b>Prohibir extracción</b>	n =65	%
En desacuerdo	16	24.6
Ni acuerdo o desacuerdo	6	9.2
De acuerdo	43	66.2

<b>Crear reglamento</b>	n =65	%
En desacuerdo	15	23.1
Ni acuerdo o desacuerdo	6	9.2
De acuerdo	44	67.7

<b>Respetar accesos</b>	n =65	%
Ni acuerdo o desacuerdo	3	4.6
De acuerdo	62	95.4

<b>Voluntario mejoramiento</b>	n =65	%
En desacuerdo	8	12.3
Ni acuerdo o desacuerdo	4	6.2
De acuerdo	53	81.5

<b>Pagar cuota de visitante</b>	n =65	%
En desacuerdo	16	24.6
Ni acuerdo o desacuerdo	8	12.3
De acuerdo	41	63.1

#### 4.6. Cuento de visitantes

##### *Ubicación de la estación de monitoreo*

Las cinco estaciones de monitoreo se seleccionaron por considerarse “cuellos de botella” y sitios prioritarios después de una evaluación de la articulación de los senderos y los flujos de visitantes (Figura 10). El número de estaciones fue el máximo número que pudo ser manejada con la ayuda disponible de voluntarios.

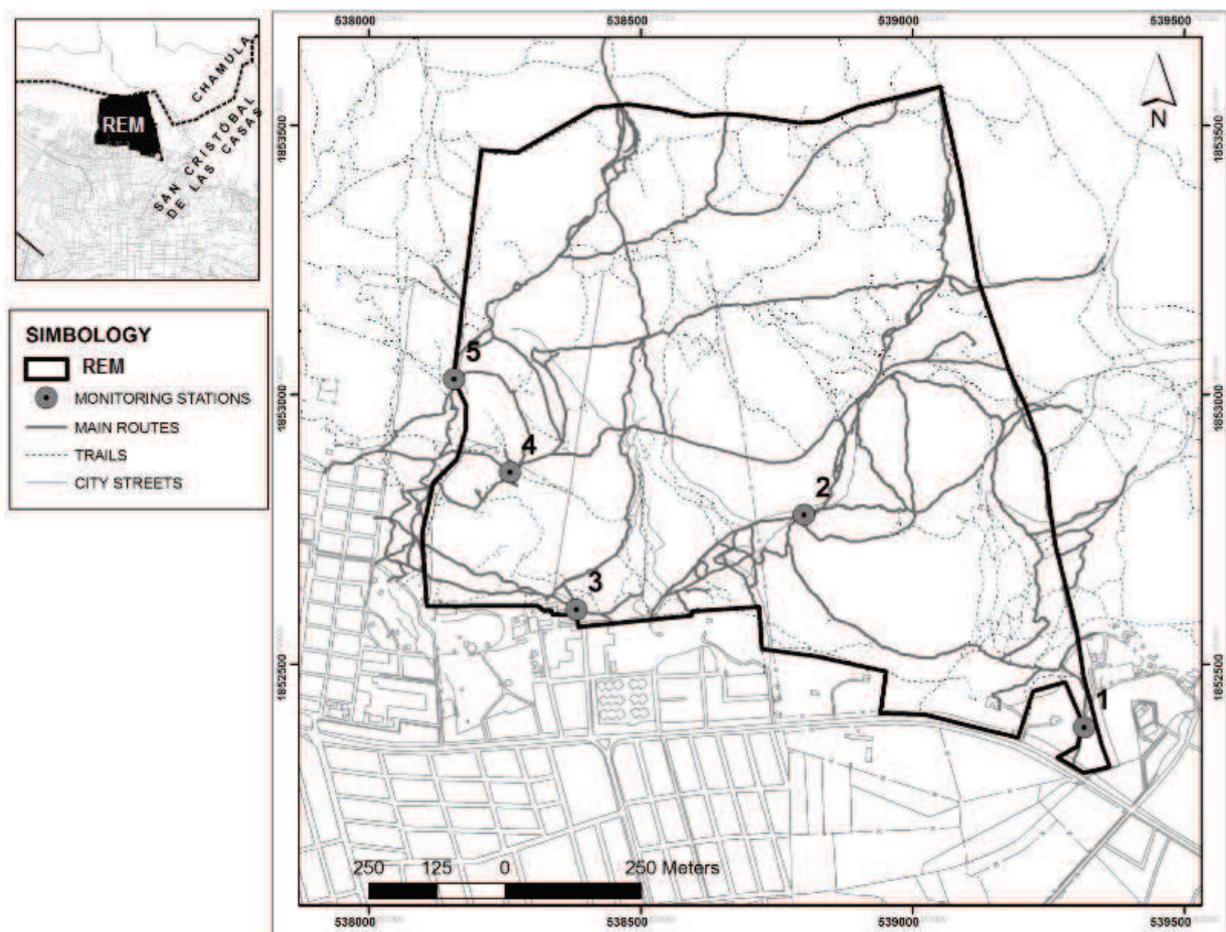


Figura 10. Polígono de la Reserva Ecológica Moxiquil y ubicación de las estaciones de monitoreo (círculos), San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.

### *Total de visitantes*

En las cinco estaciones de monitoreo de la reserva se registraron en números absolutos un total de 838 personas, los cuales fueron visitantes solitarios o formaron grupos en 405 visitas.

### *Tipos de usuarios*

Se identificaron al menos tres clases distintas de visitantes en la reserva: los visitantes de paso que utilizan brevemente los senderos de la reserva solo para trasladarse hacia otro punto fuera de la reserva, generalmente entre colonias vecinas o entre los municipios de San Cristóbal de Las Casas y San Juan Chamula. Los leñadores que son personas que utilizan los senderos de la reserva para visitar sitios donde pueden extraer leña. Estos usuarios usualmente portaban machetes y transportaban leña en sus espaldas con ayuda de un mecapal. Los paseantes con propósitos recreativos que utilizan los senderos de la reserva para ejercitarse o visitar algún sitio de recreo. Generalmente se encontraban en grupos y llevaban bebidas y alimentos para consumir en la reserva.

### *Usuarios por sexo*

Del total de visitantes registrados (838), 461 fueron hombres (55%), 352 fueron mujeres (42%) y 25 bebés de brazos cuyo sexo no fue identificado (3%) (Figura 11a).

### *Nacionalidad*

El 100% de los individuos y grupos de usuarios observados fueron clasificados de nacionalidad mexicana. Como dato complementario, se mencionará que no obstante que en los horarios de conteo de visitantes no se registraron visitantes extranjeros, en días y horarios distintos al conteo fue posible observar turistas extranjeros principalmente europeos, estadounidenses y canadienses.

### *Grupo étnico*

Con base en la identificación de las vestimentas tradicionales indígenas de los visitantes, escucharlos conversar en grupo o por charlas directas y breves con ellos, se clasificaron 414 personas (49%) en 185 visitas como miembros de una alguna etnia indígena. Entre los visitantes las vestimentas más frecuentemente observadas fueron del municipio indígena de San Juan Chamula. En menor número se identificaron personas utilizando vestimentas tradicionales de los municipios de Pantelhó, Tenejapa, y Huixtán entre otros. Los municipios citados se localizan todos en la región de los Altos de Chiapas. En esta región son predominantes las lenguas tsotsil o tseltal.

El 50.6% de los visitantes restantes (424 personas en 220 visitas) fueron clasificados de origen “inseguro”, debido a que no se tuvo certeza sobre su origen mestizo o indígena por simple observación directa (Figura 11b). Es probable sin embargo que la proporción de usuarios indígenas haya sido superior a la aquí descrita debido a que las colonias del norte de la ciudad de San Cristóbal tienen una fuerte población indígena.

El reconocimiento por observación y escucha de los atributos étnicos en las prendas tradicionales y conversaciones de los visitantes, fueron hechas por los cuatro voluntarios participantes, todos ellos estudiantes de la Universidad Intercultural de Chiapas. Esta es una universidad con estudiantes indígenas originarios de la región de los Altos de Chiapas, y ahí llevan cursos de historia, cultura y lenguas de la región. Los voluntarios se valieron de su experiencia personal y formación académica para la identificación de los atributos étnicos en los visitantes.

### *Usuarios por edades*

El grupo de edades más común fue el de 17-30 años con 235 visitantes (28%), seguido por los jóvenes menores o iguales a 16 años con 198 visitantes (23.6%). Los grupos menos abundantes fueron personas mayores o igual a 56 años con 84 visitantes (10%) y los bebés en brazos con 25 personas contadas (3%; Figura 11c).

#### *Tamaños de grupos*

De las 405 visitas registradas, 55.6% (225 visitas) fueron solo por individuos solitarios. A pesar de que las visitas individuales fueron más frecuentes que los grupos, los primeros solo constituyen 26.8% del total de los usuarios contados. En contraste la mayoría de los visitantes en la REM se transportaron en grupos (613 personas, 73.2%) (Figura 11d). Entre las observaciones cualitativas, los visitantes solitarios fueron típicamente hombres, mientras que las mujeres viajaron más frecuentemente en grupos de mujeres o grupos mixtos con diferentes edades y sexos.

#### *Modo de traslado*

La principal forma de transporte de los visitantes en la reserva es a pie. El 92.8% de los visitantes se transportaron pie (778 personas en 375 visitas). El uso de la bicicleta se registró en 19 casos y la mayoría fueron hombres solitarios. En el presente monitoreo solo se registró un hombre en motocicleta cerca de la estación 1 (Ojo de Agua; Figura 11e).

#### *Animales de compañía*

Al menos en 52 de las visitas (12.8%), los visitantes de la reserva estuvieron acompañados por animales domésticos como perros, borregos y animales de carga (mulas y/o caballos). Los perros fueron los animales de compañía más comunes al ser observados en 33 de las visitas (8.41%; Figura 11f). Con menor frecuencia fueron

observados borregos en nueve visitas (2.2%), los animales de carga en ocho (2%) y los perros con caballos en dos (0.5%). Seis fue el número máximo de perros y borregos que acompañaron a los usuarios de la reserva, mientras que tres fue el mayor número de animales de carga.

Sólo los animales de carga fueron observados con ataduras a sus dueños. Los animales de carga fueron utilizados para transportar leña, carbón y suelo para su venta, desde el municipio de San Juan Chamula hasta la ciudad de San Cristóbal de Las Casas. El tránsito de borregos obedeció a que fueron acarreados por sus dueños hacia áreas aledañas a la reserva para forrajear. Los perros solo acompañaron a sus propietarios en su paso por la reserva.

#### *Objetos transportados*

El uso de mochilas escolares y morrales se encontraron entre los objetos más comúnmente cargados por los usuarios (registrados en 135 de las visitas, 33%). En segundo lugar se encontró el uso de bolsas de plástico para el transporte de pertenencias personales como ropa y alimentos (52 casos, 12.8%). Otros objetos transportados por la gente, pero en menor frecuencia fueron herramientas para el trabajo de campo, principalmente machetes y azadones.

También se encontraron algunos productos forestales como carbón, leña, suelo y plantas o sus partes; y “otros” que incluyeron objetos diversos (ej. canastas, cajas de cartón, huevo, botellas de plástico, cubetas, Figura 11g). El transporte de los productos extraídos del bosque, como es la leña, el carbón y el suelo fueron también transportados en las espaldas de las personas con el uso de mecapal y en muy pocos casos utilizaron el uso de animales de carga.

#### *Tiempo de uso*

En el periodo de conteo de visitantes y a partir de las observaciones de las mercancías transportadas, se determinó que el cien por ciento de los visitantes hizo uso de la reserva únicamente durante el día, es decir, no se detectaron usuarios con evidencias de haber pernoctado en la reserva la noche anterior. Por ejemplo no se observaron visitantes utilizando chamarras gruesas para pasar la noche, transportando bolsas de dormir, cobijas, tiendas de campaña, lonas, cuerdas, utensilios de cocina, linternas y otros objetos que indicaran que hayan pernoctado en la reserva la noche anterior.

#### *Horas de mayor tránsito*

El mayor tránsito de personas ocurrió en el bloque horario de las 10 horas con 238 usuarios (28.4%), mientras que el de las ocho, nueve y 11 horas se mantuvieron muy similares con 175, 173 y 178 visitantes observados respectivamente. El menor registro de visitantes ocurrió en el bloque de las siete horas con 74 personas (8.8%). Aunque este último bloque registró la menor afluencia, es importante mencionar que este incluyó únicamente los visitantes en media hora de observaciones (entre las 7:30 y 7:59) por lo que su número pudo ser superior de haberse completado una hora de observaciones (Figura 11h).

#### *Total de visitantes por estaciones*

Dos estaciones (1 y 3) registraron el mayor tránsito de personas que en conjunto sumaron el 75% de los visitantes y el 80.7% de las visitas. En el Cuadro 13, se puede apreciar el número de personas contadas y visitas por estación. La estación 1 registró el mayor tránsito de visitantes con 358 personas (42.7%) en 195 visitas, seguida por la estación 3 donde se documentaron 270 personas (32.2%) en 132 visitas. En contraste

las estaciones que recibieron el menor número de visitantes fueron las estaciones 2 y 4.

Las estaciones 1 y 3 se caracterizaron por ser más accesibles y estar situadas en la parte más baja de la reserva y cercana a las colonias vecinas. El principal uso observado de los senderos que pasan por estas estaciones es como atajo entre las colonias vecinas que están separadas por bordes de la reserva.

Por el otro lado los senderos que pasan por las estaciones 2, 4 y 5 se caracterizaron por comunicar directamente con el interior del bosque y las partes altas de la reserva. La importancia de estos últimos senderos aunque con menor tránsito, es que pueden conducir a las personas hacia el municipio de San Juan Chamula, son utilizados también para abastecerse de leña y tener acceso hacia los diferentes sitios de campamento y grutas en el interior de la reserva. En particular las veredas que conectan con la estación 2, comunican con el sendero interpretativo, una gruta y un área de acampado frecuentemente visitados con fines recreativos.

#### *Estimación del total de visitantes en la reserva por día y diferencias entre semana*

Al considerar el flujo de visitantes que pudieran transitar por el conjunto de las cinco estaciones de monitoreo durante un día promedio en el mismo horario de monitoreo, se estima un tránsito promedio de 104.8 (~105) personas entre las 7:30 y las 12:00 horas, con un rango mínimo de 44 a un máximo de 178 personas/día (Cuadro 13).

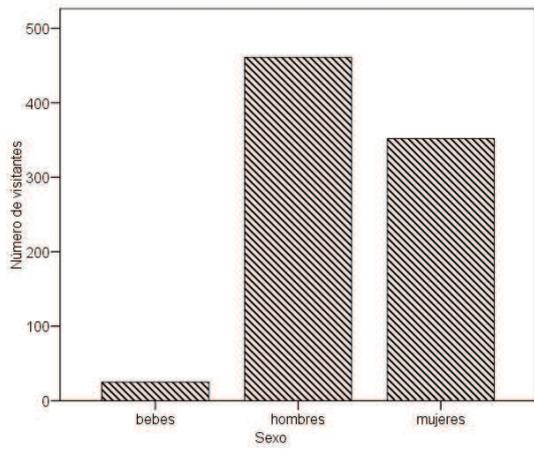
Las cifras anteriores sin embargo no representan valores críticos (magnitudes que indiquen una condición específica o límites de un umbral), debido a que los datos utilizados para dichos cálculos procedentes de las cinco estaciones de monitoreo, no

fueron colectados simultáneamente en las mismas fechas. De manera que los efectos de incertidumbre de los factores ambientales y sociales se desconocen, y los valores son presentados con fines informativos.

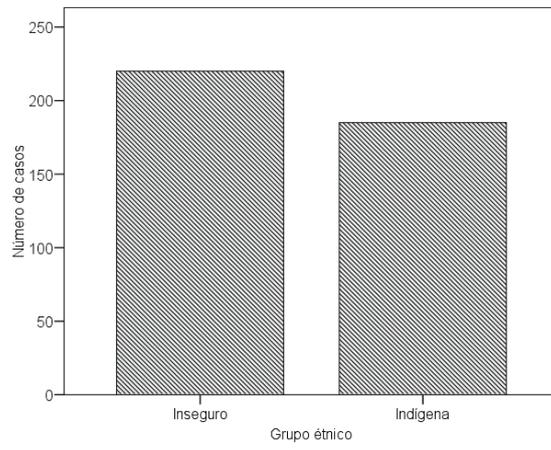
El Cuadro 14 muestra los promedios de visitantes diarios registrados en cada una de las cinco estaciones por día de la semana. En donde en promedio los viernes y sábados tuvieron los mayores promedios de visitantes de la reserva con 112.5 y 108.8 usuarios por día respectivamente. Durante los fines de semana se registró un promedio ligeramente mayor de visitantes, con 107.5 personas por fin de semana y 102 personas entre semana (Cuadro 15, no existiendo diferencias estadísticas  $> 0.05$ ).

#### *Total de visitantes por mes*

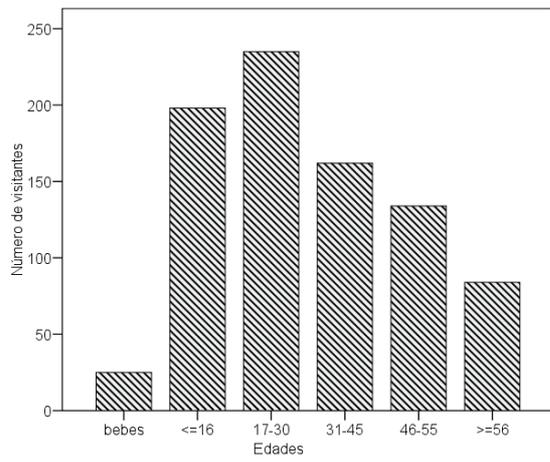
Se estimó que el número de visitantes promedio por mes en la REM puede alcanzar la cifra de 3 ,247.2 personas de las 7:30 a las 12:00 horas. El rango mínimo podría estar entre 1 ,320 y máximo de 5 ,348 personas al mes, registrándose la mayor parte de los visitantes entre las estaciones 1 y 3. Como se explicó anteriormente, estas cifras no son valores críticos, sólo se presentan con fines informativos.



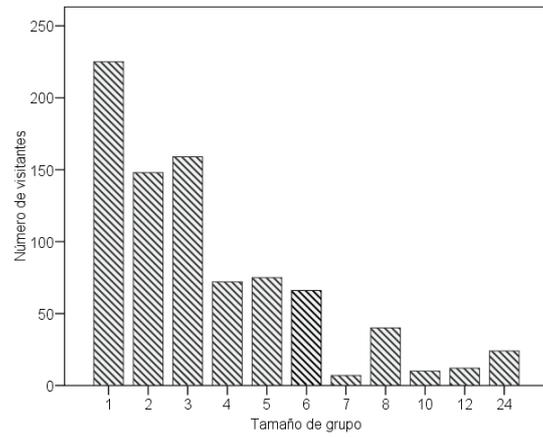
a)



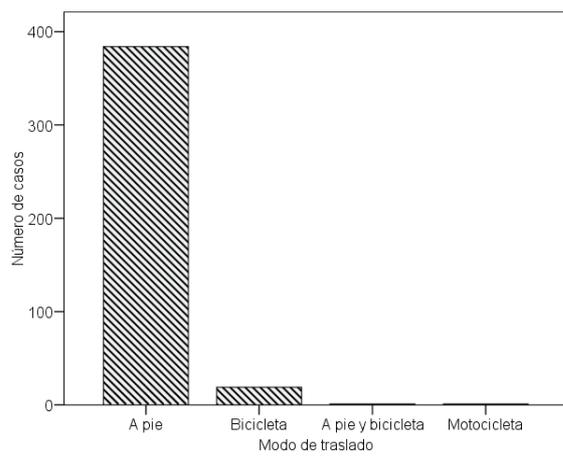
b)



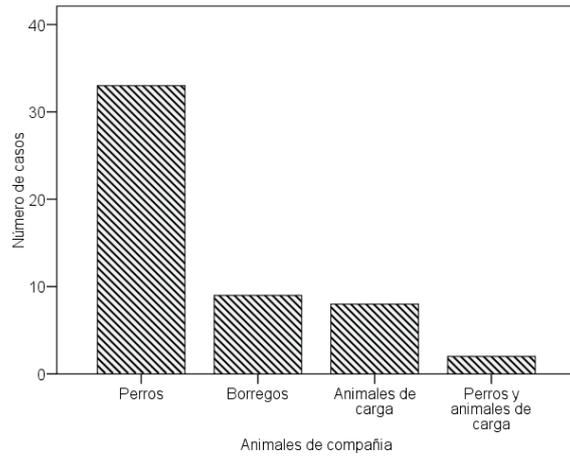
c)



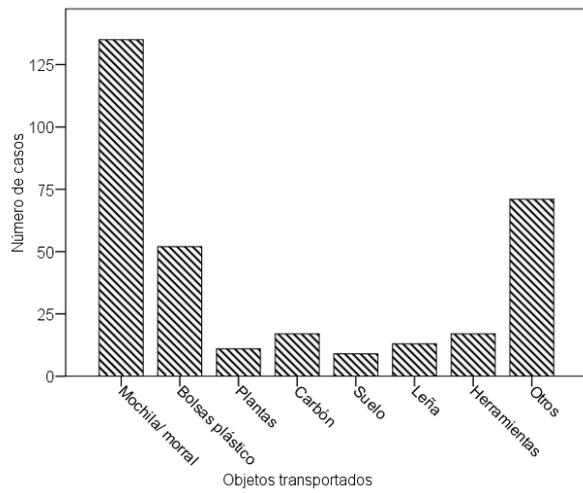
d)



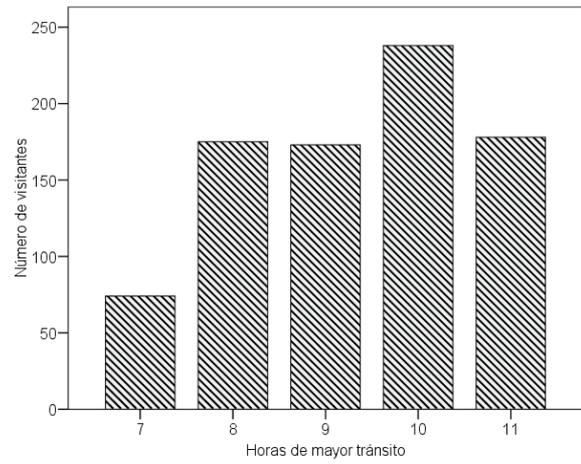
e)



f)



g)



h)

Figura 11. Características observadas de los visitantes y las visitas durante el conteo de visitantes: a) sexo (o género); b) grupo étnico; c) edades; d) tamaño de grupo por número de usuarios; e) modo de traslado; f) animales de compañía; g) objetos transportados; h) horas de mayor tránsito.

Cuadro 13. Número de visitas y visitantes por estación de monitoreo en la Reserva Ecológica Moxviquil, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.

<i>Estación</i>	<i>No. de visitas</i>	<i>No. de visitantes</i>	<i>Tamaño mín. de grupo</i>	<i>Tamaño máx. de grupo</i>	<i>Mín. de visitantes / día</i>	<i>Máx. de visitantes / día</i>	<i>Promedio de visitantes / día ± desv. estándar (días totales)</i>	<i>% de visitas</i>	<i>% de visitantes</i>
							44.8 ± 11.0		
1	195	358	2	10	29	66	(8)	48.1	42.7
							7.8 ± 9.1		
2	20	62	2	24	1	29	(8)	4.9	7.4
							33.8 ± 11.5		
3	132	270	2	12	13	50	(8)	32.6	32.2
							7.6 ± 3.1		
4	31	61	2	6	1	11	(8)	7.6	7.3
							10.9 ± 8.3		
5	27	87	2	8	0	22	(8)	6.7	10.4
	405	838			44	178	104.8	100.0	100.0

Cuadro 14. Promedio de visitantes diarios por estación de monitoreo.

	<b>Viernes</b>	<b>Sábado</b>	<b>Domingo</b>	<b>Lunes-Martes</b>	<b>Promedio visitantes / día</b>
Estación 1	49.5 ± 23.3	44.8 ± 11.0	46.3 ± 0.6	36.5 ± 10.6	44.3
(Ojo de Agua)	(2)	(8*)	(3**)	(2)	
Estación 2	3.5 ± 3.5	3.5 ± 3.5	8.0 ± 2.8	16.0 ± 18.4	7.8
(Cañada 2)	(2)	(2)	(2)	(2)	
Estación 3					
(Real de Jovel)	30.5 ± 4.9	40.5 ± 13.4	34.0 ± 2.8	30.0 ± 24.0	33.8
	(2)	(2)	(2)	(2)	
Estación 4					
(Campamento Getzemani)	9.0 ± 2.8	8.5 ± 0.7	9.5 ± 0.7	3.5 ± 3.5	7.6
	(2)	(2)	(2)	(2)	
Estación 5	20.0 ± 2.8	11.5 ± 9.2	6.5 ± 9.2	5.5 ± 6.4	10.9
(Milpa)	(2)	(2)	(2)	(2)	
<b>Total</b>	<b>112.5</b>	<b>108.8</b>	<b>104.3</b>	<b>91.5</b>	<b>104.3***</b>

\*Promedio sustituto. Debido a que solo se obtuvo un solo dato de conteo para ese día, se calculó para este cuadro un promedio “sustituto” obtenido de las ocho ocasiones en que fue monitoreada la estación. \*\* Promedio de tres días en que fue monitoreada la estación.

\*\*\*Promedio global considerando el promedio sustituto

Cuadro 15. Promedio de visitantes por día de la semana.

	<b>Entre semana</b>	<b>Fin de semana</b>	<b>Promedio</b>
Estación 1	43.0 ± 16.6	46.5 ± 0.6	44.8
Estación 2	9.8 ± 13.0	5.8 ± 3.7	7.8
Estación 3	30.3 ± 14.2	37.3 ± 8.8	33.8
Estación 4	6.3 ± 4.1	9.0 ± 0.8	7.6
Estación 5	12.8 ± 9.3	9.0 ± 8.0	10.9
<b>Total</b>	<b>102.0</b>	<b>107.5</b>	<b>104.8</b>

## V. DISCUSIÓN

En la REM la información disponible relacionada con la distribución espacial de la red de senderos, de los patrones de uso de estos, de los impactos biofísicos asociados y el perfil de los visitantes en la reserva era muy reducida al inicio de este trabajo. Particularmente no se había realizado trabajo sistemático alguno de inventario de senderos y de la evaluación o monitoreo del uso de la REM por parte de la administración de Pronatura Sur.

La falta de datos básicos derivados de estudios de monitoreo o de evaluaciones impide conocer de manera objetiva la información en que se basan las tomas de decisiones incluyendo los resultados del manejo aplicado en la REM. Cole (2006) advierte al respecto, que en condiciones donde hay carencia de datos de monitoreo, el manejo basado en la confianza de la experiencia de campo o el sentido común es problemática, porque la toma de decisiones puede estar relegada solo una opinión personal (subjetiva). El manejo bajo “sentido común” puede estar orientado hacia las inclinaciones, preferencias y conocimiento de los administradores en turno. La falta de datos de monitoreo puede conducir así a un especie de manejo a “ciegas” y que está sujeta a lo que Cole (2006) llama una “tiranía” de pequeñas decisiones. .

Este estudio analizó el uso espacial y temporal de los senderos en la REM. El empleo de métodos y técnicas múltiples de monitoreo permitieron obtener información básica, empírica y complementaria. Aunque existieron limitaciones metodológicas que se discuten más adelante y el alcance de los resultados es también restringido, la información generada se encuentra útil para su aplicación en el manejo de la REM.

## **5.1. Inventario y elaboración de mapas de senderos**

### *La red de senderos de la REM y su conectividad con los alrededores*

Uno de los resultados sobresalientes del inventario de senderos fue que existe una extensa red de senderos que se distribuye en todo el área forestal al norte de la ciudad de San Cristóbal de las Casas y que incluye la REM. El total de senderos en el área inventariada fue de 73.8 km de los cuales 33.07 km se encuentran en los límites de la REM.

La mayoría de los senderos inventariados se caracterizaron por ser informales (no siguen un diseño técnico), relativamente cortos en longitud, y están enlazados en patrones complejos y muy ramificados en las cercanías de la zona urbana. Estos senderos se caracterizaron por tener usos múltiples, como es el tránsito de personas hacia el interior de la REM o tierras adyacentes, la extracción de recursos forestales con fines de subsistencia, y el desarrollo de varias actividades de recreación y religiosos principalmente.

Diversos tipos de impactos biofísicos fueron observados a lo largo de los senderos y sus inmediaciones como la deforestación, la erosión del suelo, la acumulación de residuos sólidos, y el vandalismo. Aunque la magnitud de los impactos biofísicos en los senderos no fue medida en este trabajo y requiere ser evaluada en futuros estudios, se observó que los impactos más severos se encontraron en senderos y áreas donde se concentra el uso en la reserva (observación personal).

Varios de los senderos tienen décadas de uso, y cuando es considerada la historia de ocupación del área estudiada, es posible sugerir que algunos tengan siglos de antigüedad. De hecho el desarrollo histórico de los asentamientos humanos en la región no puede concebirse sin la presencia de senderos. Por ejemplo antes de la

presencia de automóviles y carreteras pavimentadas, y aún de la presencia de caballos en Mesoamérica, el transporte terrestre de personas y de mercancías era a pie a través de senderos y brechas (García 2006; Fournier 2006).

Entre las referencias de uso antiguo del área de estudio, González et al. (1997) mencionan que el uso del bosque en la región de los Altos con fines de aprovechamiento ha sido utilizado para propósitos de subsistencia desde hace varios siglos. Por otra parte Jan de Vos (1986) menciona que existen relatos de ocupación de la región de los Altos por grupos indígenas, los cuales estuvieron divididos en tres cacicazgos que estaban en pie de lucha entre sí (Zinacantán, Chamula y Huixtán) hacia el año 1524, fecha en que llegaron los españoles al valle (de Jovel) donde se asienta hoy la ciudad de San Cristóbal de Las Casas. La presencia de la Zona Arqueológica Moxviquil a escasos 500 metros al este de la REM, que data del periodo Clásico Tardío entre 600-900 d.C. (de Vos 1986) es evidencia también de que el área estuvo ocupada y existieron asentamientos humanos a sus alrededores desde hace siglos.

Respecto al estudio de senderos y brechas en áreas rurales, y la identificación de rutas antiguas de transporte, Fournier (2006) señala que estos han sido aspectos poco estudiados en nuestro país, a pesar de su gran importancia en el pasado y que tienen hoy en la vida cotidiana de los pobladores del campo para el acceso a tierras desprovistas de caminos y servicios de transporte.

En relación a la cobertura actual de senderos García (2006) sugiere que la red de senderos puede ser más larga que la actual extensión de modernas carreteras en el país. En el estado de Chiapas es muy probable que esto no sea la excepción, dada la gran dispersión de su población rural y el uso extensivo de los recursos naturales en su territorio. Este estudio contribuye mostrando información que revela cómo la red de

senderos rurales puede ser muy extensa donde no hay caminos o no es posible el uso de vehículos de motor o ruedas.

Respecto a los impactos biofísicos observados, estos no resultaron ser diferentes a los reportados en estudios anteriores (Marion y Leung 2011; Wimpey y Marion 2011). Asimismo de acuerdo con Wimpey y Marion (2011) la presencia de múltiples senderos informales, parece ser un fenómeno común de parques o áreas naturales protegidas muy visitadas, aunque es solo recientemente que se han venido estudiando.

El problema principal con la gran extensión de senderos informales es que al no estar planificados, están pobremente localizados respecto a las características del terreno y generalmente reciben poca atención o ningún mantenimiento. Estos factores contribuyen a que los senderos informales sean más susceptibles a la degradación y erosión que los senderos formales (Marion et al. 2006).

Entre los múltiples efectos de los senderos informales estos contribuyen a la fragmentación del paisaje, amplían la superficie de suelo expuesta a la erosión y pueden afectar hábitats sensibles o frágiles si cruzan por ellos senderos no planificados. Asimismo cuando no están apropiadamente alineados con las curvas de nivel del terreno y siguen la dirección de la caída del agua presentan serios problemas de erosión (Marion et al. 2006).

Los numerosos senderos informales contribuyen también a la dispersión de impactos biofísicos de diversa naturaleza, son difíciles de controlar y pueden complicar el monitoreo de visitantes. Es por ello que el manejo de visitantes e impactos en los senderos es un tema importante y debe ser considerado entre las prioridades de manejo de la REM.

### *Concentración del uso en la red senderos de la REM*

Aunque durante el trabajo de campo la mayor parte del tiempo no fue posible observar personas haciendo uso de los senderos en el interior y las partes altas de las reserva, un análisis de las evidencias directas e indirectas de uso del bosque (encuentros con personas, huellas frescas, objetos olvidados, basura reciente, ramas recién cortadas, apertura del corredor, entre otros) permitió conocer que la reserva es objeto de uso continuo, pero también hacer una descripción de tres clases diferentes de senderos y su distribución en la reserva (Figura 4 y Cuadro 3). Un análisis de los senderos clasificados muestra que el 59.7% (19.7 km) de los senderos fueron identificados como de uso frecuente, 28.2% (9.3 km) están en proceso de desuso y el 12.1% (4 km) fueron de uso ocasional para la extracción oportunista de leña.

Los resultados sobre la magnitud y localización de las tres clases de senderos pueden ser empleados para priorizar los sitios que requieren atención más inmediata y canalizar de manera más eficiente los limitados recursos humanos y financieros disponibles. Se deberá planificar la reubicación y cierre de senderos no deseados por parte la administración de la reserva y que repiten rutas, así como las distintas estrategias de manejo a utilizar.

La clasificación de senderos en este trabajo no obstante tiene la limitante de ser una propuesta sobresimplificada y basada en la interpretación subjetiva del investigador. La clasificación de senderos podría ser distinta bajo otros métodos y criterios de clasificación a los aquí utilizados. Por ejemplo, una clasificación diferente se podría obtener en un nuevo estudio que rastree las rutas de uso por medio de GPS portados por los visitantes (Hinterberger et al. 2002, Wolf et al. 2011).

En este trabajo no es posible afirmar la existencia de rutas únicas en la REM, porque el entramado de senderos brinda múltiples posibilidades de traslado, de entradas y salidas, y los destinos de visita pueden depender de los propósitos de visita (p.ej. obtener leña, recolectar hongos, visitar el sendero interpretativo y el área de acampado, tiempo disponible, entre otros), pero también de su experiencia y conocimiento del área.

Respecto al uso espacialmente asimétrico de senderos en la REM, este ha sido reportado también en otras áreas naturales protegidas (Hinterberger et al. 2002; Wolf et al. 2011). Por ejemplo en estudios sobre el uso espacial de senderos en el Parque Nacional Danube Floodplains, Austria (Hinterberger et al. 2002) se encontró que alrededor del 50% de los kilómetros recorridos por visitantes, se concentraron en menos de un 20% del total del sistema de senderos disponibles.

De acuerdo con Wolf et al. (2011) la concentración sobre sitios particulares puede estar determinado por la atracción de visitantes a características específicas del paisaje natural o artificial, la accesibilidad de un sitio, su relación espacial a otros sitios y su adecuación para el acampado, descanso o poder estacionarse. Estos mismos factores pueden estar operando en la REM. Por ejemplo, en la REM la concentración del uso sobre ciertos senderos puede ser una función conjunta de los motivos de la visita de los visitantes, la cercanía de sus hogares y la adecuación de sitios (sitios de acampado y grutas por ejemplo) a sus necesidades específicas, pero también del conocimiento previo del área.

#### *Recomendaciones derivadas del inventario de senderos*

Para propósitos específicos del manejo de senderos en la REM, la conectividad observada en el entramado de senderos de la reserva con sus alrededores y los

múltiples usos del bosque, demuestran la importancia de la REM como sitio de paso entre tierras adyacentes que le rodean y la zona urbana de la ciudad de San Cristóbal. Se sugiere incluir en el manejo de senderos de la reserva, un enfoque integral no solo para asegurar la protección de los recursos del bosque de la reserva, sino también para acomodar las necesidades de tránsito de los visitantes que utilizan la reserva.

No se recomienda a la administración de la REM el cierre de todos los senderos utilizados con mayor frecuencia por los visitantes. La exclusión del paso en senderos muy transitados por parte de la administración de la REM, puede trastornar el flujo de personas hacia las áreas aledañas, crear resentimiento entre vecinos y la administración de la reserva, provocar comportamiento que causen daño intencional al bosque o a la infraestructura de la reserva, desplazar el paso hacia otros sitios creando nuevos senderos y entradas, e ignorar el valor histórico de algunos senderos antiguos.

Es poco probable además que pueda interrumpirse el paso de personas debido a la cercanía de la reserva con la zona urbana y su importancia como sitio de tránsito. Pero también porque persisten usos múltiples muy extendidos en el bosque al norte de la ciudad por parte de los pobladores residentes del área.

Una alternativa es mantener un sistema básico de senderos internos para permitir el paso de personas hacia destinos localizados al norte de la reserva y que respete en lo posible las rutas tradicionales y de mayor uso. El sistema puede incluir además algunos senderos para propósitos de manejo. Este sistema de senderos internos puede utilizar algunos senderos que ya existen, y deberá mejorar o reubicar aquellos segmentos de senderos que no estén apropiadamente alineados respecto a la pendiente del terreno.

El sistema de senderos deberá ser cómodo de caminar para fomentar que los visitantes escojan caminar por ellos, concentrando así el tránsito en pocos senderos. El sistema de senderos internos deberá ser diseñado de acuerdo principios técnicos de construcción (Lechner, 2004). Puede ser además fortalecido con infraestructura de apoyo (p.ej. escalones, canales de desagüe, señales para guiar el flujo de visitantes y anunciando el comportamiento esperado, mapas que muestren la ubicación del visitante, los destinos y la trayectoria del sendero, entre otros).

Los senderos no deseados en el sistema interno deberán ser restaurados y ocultos a la vista con vegetación nativa plantada. El cierre de senderos deberá ser fortalecido con infraestructura de contención física (p. ej. cercas u obstáculos) y letreros que expliquen motivos para el cierre, el comportamiento esperado y dirijan el tránsito de personas hacia senderos permitidos. Se recomienda que todo tipo de infraestructura auxiliar del manejo de senderos, se diseñe en armonía con el paisaje. Lo anterior para reducir los impactos negativos sobre las experiencias de los visitantes que provoca la la introducción de objetos artificiales en el paisaje natural.

Es posible que creando un sistema de senderos internos cómodos y fáciles de caminar paulatinamente se concentre el uso e impactos sobre dichos senderos, y se abandonen senderos no deseados y que repiten rutas. Esto también puede facilitar el trabajo de vigilancia del personal de la reserva, concentrando los mayores esfuerzos y su tiempo a senderos de mayor uso.

Se advierte además que el mantener un sistema de senderos interno no quiere decir que se contengan usos, impactos y senderos no deseados por la administración. El sistema básico de senderos se propone como estrategia para concentrar el uso e impactos en pocos senderos seleccionados principalmente. Se busca también

coadyuvar al monitoreo del visitantes, trabajo de mantenimiento y vigilancia en la reserva por el personal de la administración.

El manejo de la reserva debe considerar una estrategia plural de acciones de manejo que atiendan a diferentes necesidades y demandas de uso. El manejo de senderos sin embargo deberá ser bien planificado, pensarse a largo plazo y partir de una evaluación y reflexión profunda de las oportunidades y limitaciones de acción. Asimismo la estrategia de manejo de senderos deberá ser evaluada y ajustarse en el tiempo y conforme a los resultados logrados.

## **5.2. Perfil de los usuarios de los senderos, conocimiento de la REM y apoyo a políticas de manejo de senderos.**

Las características de los visitantes difieren entre ellos y pueden explicar el comportamiento de los mismos (Watson et al. 2000, Roover et al. 2002). De acuerdo con Watson et al. (2000) el comportamiento de los visitantes dentro de las áreas silvestres o naturales, está influenciado por el tipo de actividades en que participan, sus orígenes, antecedentes personales y percepciones de las áreas silvestres y su manejo.

El conocimiento de estas características es importante en el manejo de visitantes para incluir una perspectiva que considere la diversidad de visitantes y tome en cuenta sus particulares demandas y necesidades (Roovers et al. 2002). Es importante también para determinar ciertas prioridades de manejo, métodos para comunicar la información de manejo, y evaluar la relativa efectividad de programas educativos entre otras funciones (Watson et al. 2000).

La encuesta fue una herramienta útil para obtener información directamente de los usuarios de senderos que también son visitantes en la REM, no obstante que los

alcances descriptivos y explicativos de los resultados están limitados debido al tamaño de muestra y a su naturaleza no probabilística. Sin embargo, sobresalieron elementos para considerar en el manejo de la reserva: la cercanía de los hogares de los visitantes con la zona urbana; los usos múltiples de senderos; el conocimiento limitado de los visitantes sobre la reserva; la antigüedad de uso de los senderos; y el bajo nivel de apoyo hacia políticas de manejo que implican restricciones.

#### *Cercanía de los hogares de los visitantes con la zona urbana*

La mayoría de los participantes encuestados reportaron ser residentes de las colonias adyacentes a la REM. El 86.3% de los encuestados admitieron haberse desplazado una distancia menor a los 3 km. De acuerdo con Roovers et al. (2002) la distancia es un factor fundamental que determina el modo de transporte, la frecuencia de las visitas y la duración de estas. Se ha encontrado que la gente que vive a corta distancia del bosque generalmente viaja por poco tiempo por lo tanto sus visitas son más frecuentes pero también más cortas (Roovers et al. 2002).

La distancia puede explicar también las características socioeconómicas del perfil de visitantes, dado que se ha encontrado que las ANP cercanas a las zonas urbanas presentan un perfil de visitantes multifacético, más amplio que aquellas áreas más alejadas (Arnberger y Brandenburg 2002). En el contexto geográfico de la REM, su cercanía la ciudad de San Cristóbal permite comprender el amplio rango de edades de los visitantes, los reportes de visitas frecuentes a lo largo del año y la semana, el traslado a pie y el breve tiempo de traslado de la mayoría de los visitantes encuestados. El perfil socioeconómico de los visitantes constituye además un reflejo del entorno social que rodea la reserva. La mitad de los encuestados se caracterizaron por ser

indígenas, mientras que la mayoría reportó ocupaciones de bajos ingresos o nulos y baja escolaridad.

Los hechos anteriores son importantes para el manejo de la REM porque sugieren la importancia que tiene el trabajo de vinculación cercano con los vecinos de la reserva (p. ej. ejecutando proyectos de educación y comunicación ambiental, apoyo al desarrollo aledaño), los cuales son los principales usuarios de la reserva. Adicionalmente conocer los motivos de la visita y las características socioeconómicas de los visitantes más frecuentes permite entender porque algunos visitantes ofrecen más resistencia a aceptar las restricciones de uso de la reserva.

#### *Los usos múltiples de senderos*

En este estudio se identificaron usos múltiples de los senderos de la reserva. Los principales usos fueron de tránsito como atajo o sitio para cruzar la reserva, la extracción de leña, usos recreativos y motivos religiosos. Esto contrasta con el principal motivo de visita reportado en otros parques y bosques donde el uso recreativo como caminar, trotar, andar en bicicleta, descansar, y convivir con la familia ocupa el factor más importante (Roovers et al. 2002; Osorio et al. 2011;).

La comprensión de las diversas formas de uso público de la reserva, y sus particulares demandas y necesidades es útil para planificar estrategias de manejo y comunicación plurales y para anticipar probables impactos sobre los recursos dependiendo de las actividades. Sirve también para planificar la reubicación de espacios de uso para diferentes actividades de manera que también sean protegidas las experiencias de los visitantes y reducir los conflictos entre usuarios con intereses distintos.

#### *El conocimiento limitado de los visitantes de la reserva*

El conocimiento de los visitantes sobre la REM se encontró limitado. El 56.2% admitió conocer el nombre de la REM o que es una reserva privada. Se observó al respecto, que durante en las conversaciones al momento de la encuesta varias personas no comprendían incluso el concepto de reserva ecológica y sus propósitos. El 67% mencionó además no tener conocimiento o haber escuchado antes de la organización Pronatura Sur. Similares resultados fueron encontrados por Santos (2012) para la Reserva Ecológica Huitepec, localizada aproximadamente a 5 km al oeste de la REM y también administrada por Pronatura Sur. Esta situación sugiere la existencia de una baja difusión (y posiblemente vinculación) de la organización Pronatura Sur y de los propósitos de las reservas que administra con los pobladores que habitan en las áreas aledañas.

Es recomendable que la administración Pronatura Sur redoble esfuerzos de educación y comunicación para dar a conocer el trabajo y los propósitos de su organización, los objetivos de las reservas que administra y las oportunidades de participación entre los visitantes y vecinos. Es posible que a través de visitantes y vecinos más educados respecto al comportamiento esperado y las formas de participación para proteger los recursos del bosque, así como de sus propios entornos ambientales, se contribuya a disminuir los impactos hacia la reserva, pero también a cuidar de sus alrededores.

#### *Antigüedad de uso de los senderos*

Los entrevistados mencionaron tener experiencias variables en la reserva desde algunos meses hasta varios años. Muy pocos reportaron ser visitantes por primera vez (15.1%). El testimonio de uso de la reserva más antiguo que se registró, fue de poco

más de 50 años reportado por un campesino residente de la comunidad de Saclamantón, municipio de San Juan Chamula.

Lo anterior muestra que los senderos de la REM han sido utilizados desde hace décadas por pobladores de San Juan Chamula para dirigirse a la ciudad de San Cristóbal de Las Casas y viceversa. Este uso tan antiguo de la reserva es relevante para valorar la historia de la REM y del conocimiento local que pueden tener los lugareños. Contribuye también a explicar porque pueden persistir patrones de comportamiento y demandas de uso de la reserva muy establecidas que pueden ser difíciles de cambiar (resistencia al cambio) a través del manejo.

*El nivel de apoyo hacia políticas de manejo de visitantes y el uso de senderos*

El apoyo de los visitantes hacia políticas de manejo es relevante para el cumplimiento de los objetivos de la reserva. Al respecto Watson et al (2000) han señalado que las manifestaciones de comportamiento inapropiado entre visitantes, puede surgir de la falta de apoyo hacia ciertas reglas de manejo y no solo por ignorancia del reglamento o de las expectativas de un comportamiento apropiado. El desafío puede exacerbarse si las prioridades de manejo son excluyentes de las necesidades de los visitantes o habitantes locales que necesitan del aprovechamiento de los recursos naturales para su sustento y sobrevivencia (Xu et al. 2006).

Los resultados de la encuesta muestran que entre los participantes el apoyo a decisiones de manejo es menor si se trata de aplicar políticas restrictivas y el cobro de tarifas en la REM. Por ejemplo, solo el 66.2% de los encuestados mencionaron apoyo a la prohibición de la extracción de recursos naturales del bosque, el 67.7% a la aplicación de reglamentos para el control de los senderos y el 63.1% al cobro de tarifas de ingreso a la reserva. La mayor oposición o resistencia correspondió a aquellos

visitantes que hacen extracción de leña y que utilizan los senderos frecuentemente como atajos.

En contraste, su actitud de apoyo aumentó considerablemente (95.4%) cuando se les planteó la posibilidad de mantener el paso respetando entradas permitidas por la administración de la reserva si estos se caracterizaban por ser seguros y tener buenas condiciones para el tránsito. Además el 81.5% de los encuestados manifestaron que estarían dispuestos a participar en campañas de mejoramiento de senderos y otros sitios de recreo. Este último apoyo provino particularmente de visitantes que acuden a la REM con propósitos recreativos y pertenecientes a grupos religiosos.

A partir de lo anterior se sugiere considerar el reclutamiento de trabajo voluntario de visitantes frecuentes que acuden con motivos recreativos o religiosos para emprender actividades específicas de mejoramiento de senderos.

### **5.3. Cuento de visitantes**

El conteo sistemático y a largo plazo de visitantes es útil para medir el nivel de uso de la reserva en el tiempo, así como de las características de las visitas, visitantes e identificar tendencias de uso espacial y temporal. Con esta información se puede planificar y justificar gastos de operación, infraestructura, personal requerido y acciones de manejo.

Los resultados mostraron un uso diario de la REM. El flujo de personas en las cinco estaciones monitoreadas fue diario, con la excepción de un día en donde no se registró tránsito de personas en la estación cinco durante el monitoreo. El flujo de personas a través de las distintas estaciones de monitoreo fue además fluctuante entre las fechas de monitoreo (ver columnas de mínimo y máximo número de visitantes por

estación en Cuadro 13). Ello explica la amplia desviación estándar calculada para los promedios de visitantes estimados en las diferentes estaciones de monitoreo (Cuadro 13).

Se ha reportado que las fluctuaciones en el flujo de visitantes puede estar influenciada por diferencias entre días de la semana como la existente entre fines de semana y días entre-semana, por días festivos, variaciones en las condiciones del tiempo (p. ej. temperatura, nubosidad, viento) y el manejo aplicado (Beunen et al. 2004; Švajda 2009). En este trabajo no es posible determinar sin embargo qué factores contribuyeron más a dichas variaciones en la REM o si hay otros factores sociales involucrados no considerados, por lo que tendrá que investigarse en futuros trabajos.

A pesar de la fluctuación de visitantes en las distintas estaciones, no se encontraron diferencias notables en el flujo global de visitantes a la REM entre los días de la semana, particularmente entre fines de semana y días entre semana (Cuadro 15). Esto último no era esperado al inicio de este trabajo debido a que en otros parques se ha observado una mayor afluencia de visitantes los fines de semana quienes acuden con motivos principalmente recreativos (Arnberger y Brandenburg 2002; Beunen et al. 2004). Lo anterior sugiere que el uso recreativo de la REM es bajo en comparación con el uso de senderos como sitio de paso por los vecinos, por lo que la afluencia de visitantes con motivos recreativos los fines de semana no parece modificar sustancialmente la afluencia global de visitantes a la reserva.

En relación a la cantidad total de visitantes que pueden transitar por día a través de la cinco estaciones de monitoreo, se estima que puede ser de ~105 visitantes por día en los horarios de monitoreo (7:30 a 12:00 horas), mientras que un mes de 30 días pueden ser los 3,247.2 visitantes. Estas cifras se presentan con propósitos

informativos y no como valores críticos debido a las limitaciones del muestreo. En particular las cinco estaciones de monitoreo no fueron operadas simultáneamente en las mismas fechas o al azar, por lo tanto existe una incertidumbre desconocida y acumulada en los promedios estimados. La incertidumbre deriva de los posibles efectos de las condiciones del tiempo o factores sociales en diferentes días de monitoreo que escaparon al control del método.

Los resultados también muestran algunas tendencias en los atributos de las visitas que pueden ser explicadas por la cercanía de la REM con la zona urbana. Este es el caso del amplio rango de edades de la mayoría de visitantes registrados, el alto porcentaje de visitantes identificados como indígenas, y la alta frecuencia de visitantes solitarios y grupos pequeños. De acuerdo con Arnberger y Branderburg (2002) las ANP cercanas a las zonas urbanas presentan un alto número de visitantes y una estructura de visitantes multifacética en relación a aquellas áreas más remotas debido a que un fuerte componente de los visitantes suelen ser residentes del área.

Respecto al mayor registro de visitantes hombres en los conteos de visitantes, esto puede estar relacionado con un diferente rol social de género que existe en los hogares de las colonias que rodean la reserva y que requiere ser verificado. Es posible que los hombres tengan que salir con más frecuencia de sus casas por aspectos de trabajo u otros, y por ello fueron registrados con mayor frecuencia cruzando la reserva, mientras que las mujeres tienen deberes principalmente domésticos que les obliga a permanecer más tiempo en sus hogares.

Otra de las tendencias sobresalientes es la asimetría del flujo de visitantes y la concentración en un par de estaciones de monitoreo (1 y 3). En estas estaciones fue donde se concentró el mayor flujo de visitantes (75% de usuarios y 80.7% de visitas).

Al respecto Wolf et al. (2011) señala que la concentración del uso sobre sitios específicos dentro de un ANP es un patrón de visita típico, que resulta principalmente del interés o atracción de los visitantes por ciertas características naturales o artificiales del paisaje, la accesibilidad al sitios, su relación espacial con otros sitios, y su adecuación para ser utilizado para acampar, descansar o estacionarse. En el caso particular de la REM, el mayor tránsito de personas en las estaciones (1 y 3) de la porción baja de la reserva, se atribuye a su cercanía con la zona urbana. Los senderos que cruzan por estas estaciones son utilizados por los vecinos principalmente como atajos o “calles” para transportarse rápidamente entre colonias vecinas, por lo que las visitas a la REM son generalmente breves (<10 minutos).

Antes de este trabajo no se había intentado cuantificar el uso de la reserva por parte de Pronatura Sur. El monitoreo no se había considerado una prioridad frente a otras necesidades de la administración en la reserva. Además la presencia de una extensa y compleja red senderos y puntos de acceso en su periferia, así como la falta de un mapa de estos fueron identificados también como factores que contribuyeron a postergar el conteo de visitantes.

El diseño de un sistema de conteo de visitantes solo fue posible después de un inventario y la creación de un mapa de los senderos. Estos permitieron adquirir un entendimiento de los flujos de visitantes e identificar los sitios donde convergen múltiples senderos (cuellos de botella) para establecer las estaciones de monitoreo. La ayuda de voluntarios hizo posible además cubrir diferentes estaciones de conteo, días y horarios por lo que se reconoce que tuvieron papel fundamental. Los resultados de este trabajo aunque tienen alcances limitados, son importantes porque constituyen el primer intento por cuantificar de manera sistemática el flujo global de visitantes de la REM.

Al inicio de este estudio, la única información disponible en la REM sobre el número de visitantes provenía de un libro para el autoregistro de visitantes. Este se encontraba colocado en la puerta de entrada de las oficinas de Pronatura Sur en la reserva, muy cerca (<5 m) de la entrada al sendero interpretativo. El problema observado con dicho libro, es que no todos los visitantes a la reserva se registraban, ocasionalmente faltaba un lapicero o tinta, y este solo recogía los datos correspondientes a los visitantes que ingresaban por el sendero interpretativo con motivos de visita recreativa y/o educativa.

Por lo anterior el número de visitantes del libro no se considera representativo del nivel de uso, y tiene un grado de incertidumbre desconocida. Como ejemplo, tan solo en 2008, el año en que fue hecho el conteo de visitantes, el libro de visitantes registró 802 visitantes (Fernando Alvarado, com. pers.), cifra muy por debajo del promedio mensual de visitantes estimada en este trabajo (3 ,247.2 visitantes) y que corresponde solo para el corto horario de monitoreo.

Se recomienda ampliar los periodos de monitoreo sistemático de visitantes a lo largo del año y diferentes horarios, para comprender mejor la dinámica del uso de la reserva y distinguir los flujos normales de las tendencias significativas. El monitoreo a largo plazo puede incluir la medición controlada de otras variables para determinar los factores que podrían estar afectando el flujo de visitantes en la reserva.

Se sugiere además considerar el uso tecnología para el monitoreo de visitantes (cámaras de video, sensores mecánicos o electrónicos entre otros), con el propósito de monitorear periodos de uso más prolongados, reducir la necesidad de personal en campo, así como los costos en tiempo y dinero en el largo plazo. Estos equipos tecnológicos pueden ser colocados en sitios donde se concentra el flujo de personas y

áreas problemáticas. El monitoreo de visitantes puede utilizar técnicas y métodos complementarios de monitoreo para la recolección de datos, las cuales han sido descritos y revisados por Watson et al. (2000) y Cessford y Muhar (2003).

El uso de equipo tecnológico requiere sin embargo de mantenimiento y ser calibrados con técnicas de monitoreo por observación directa para conocer el grado de precisión de dichos equipos. El uso particularmente de cámaras de video, puede sin embargo ser percibido como una intrusión en la privacidad de los usuarios de senderos, por lo que debe ser planificada su localización, y deben ser utilizados siguiendo principios éticos y propósitos de apoyar el manejo de la reserva.

#### **5.4. Aportes teóricos y prácticos de este trabajo**

Entre los aportes teóricos relacionados al campo de estudio de la ecología de la recreación y al manejo de visitantes se contribuye a ampliar la información del uso social y dilemas de manejo de senderos en un ANP de México. El contexto social y administrativo de este estudio de caso mexicano es diferente al descrito en la mayoría de estudios publicados y realizados en países desarrollados como Estados Unidos, Australia, y Canadá donde el uso principal de las ANP es recreativo y cuentan con mayores financiamientos de operación.

Por ejemplo en este estudio de caso, se describen usos y propósitos distintos a los recreativos de una red senderos que es importante para los vecinos como vías de transporte, comercio, abasto de recursos forestales con fines de subsistencia y acceso a sitios del bosque para actividades religiosas (áreas de acampado). Estos usos de senderos en la REM, generan impactos sobre el bosque que representan retos de manejo que requieren estrategias distintas a los impactos solamente por actividades

recreativas y que son encontrados en ANP de países desarrollados como los Estados Unidos de América.

Además el uso combinado de herramientas tecnológicas como el GPS y SIG, y de técnicas de investigación social (encuestas y observaciones cualitativas) para describir el uso de senderos y su distribución espacial, es una contribución al método que poco se ha intentado en nuestro país. No se tiene conocimiento de estudios similares en otras partes del país o no son de fácil acceso. Es posible que este estudio sea uno de los primeros por lo menos en el sureste de México y en abordar la problemática del uso y manejo de senderos en un ANP.

El estudio respalda la recomendación para el manejo de senderos de incluir la participación de los diferentes usuarios en la planeación y la toma de decisiones (Lechner, 2004). Reconoce además los beneficios del monitoreo como herramienta de manejo para obtener información de las condiciones y tendencias del estado de los recursos naturales y del uso de estos en las ANP.

Entre los aportes prácticos, este estudio es un ejemplo de investigación aplicada. Aporta información básica y empírica que puede servir a resolver un problema concreto, como es el manejo de senderos en la REM. Aunque los alcances de los resultados son limitados por restricciones del muestreo, es el caso de la encuesta aplicada, los datos son informativos y constituyen un “termómetro” de quienes son los visitantes en la reserva, como la usan y que piensan del manejo en ella.

#### **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES**

A lo largo de esta investigación la combinación de métodos y técnicas múltiples fueron útiles para obtener información complementaria del uso espacial y temporal de la REM. El inventario de senderos fue fundamental en la descripción de la distribución espacial de senderos y los usos de estos en la reserva. El inventario evidenció que existe una extensa y compleja red de senderos entrelazados que se distribuye en el área forestal inventariada al norte de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas e incluye la REM.

La mayoría de los senderos inventariados son informales (creados por los visitantes) y no siguen un diseño previo. La antigüedad de los senderos se remonta a varias décadas y posiblemente algunos tengan siglos de uso considerando los antecedentes que existen de ocupación prehispánica del área donde se asienta la reserva. Se calculó que existen 12 km de segmentos senderos en la REM alineados en dirección de la caída de agua y presentan varios problemas de erosión. Estos senderos requieren ser atendidos para disminuir la continua pérdida de suelo por efectos mecánicos del pisoteo por tránsito de personas y animales, y los escurrimientos pluviales.

Los senderos de la REM son importantes para los visitantes, principalmente vecinos, como atajos entre colonias del norte de la ciudad o rutas de viaje entre comunidades campesinas de San Juan Chamula y la ciudad de San Cristóbal. Para abastecerse de leña y otros recursos del bosque, y también acceder a pequeñas áreas de cultivo y producción de carbón vegetal situadas en las partes altas y al norte de la

reserva. Son utilizados además para acceder a sitios puntuales como áreas de acampado y grutas la reserva para propósitos recreativos y religiosos.

En la REM los impactos biofísicos más comúnmente observados en los senderos fueron la erosión del suelo, la extracción de leña, la acumulación de basura y el vandalismo. La presencia de múltiples senderos en la REM es problemática porque expone una amplia superficie de suelo a la erosión y contribuye a la dispersión de impactos que son difíciles de controlar. Los múltiples senderos y puntos de acceso en la periferia de la REM complican además el monitoreo del uso de la reserva.

La encuesta a usuarios de senderos contactados en patrullajes ambulantes permitió conocer que la mayoría son vecinos de las colonias aledañas a la REM, algunos de los cuales son usuarios antiguos. A pesar de la cercanía de los hogares de los visitantes con la reserva, existe un conocimiento limitado sobre la REM y la organización Pronatura Sur. Las visitas frecuentes a la reserva, el transporte principalmente a pie y los breves tiempos de traslado de los visitantes se relacionan con la cercanía de sus hogares con la reserva.

En relación al nivel de apoyo hacia políticas de manejo de senderos, la mayoría (95.4%) de las personas encuestados están de acuerdo en respetar entradas y caminos designados por la administración de la reserva siempre y cuando se les permita el paso y estén en buenas condiciones. Sin embargo el apoyo disminuye (menos del 68%) cuando las políticas consisten en restringir la extracción de leña y aplicar reglamentos para el control del uso de senderos. El mayor rechazo ocurrió entre visitantes leñadores y aquellos que utilizan los senderos regularmente como sitio de paso o atajos a lo largo de la semana.

El conteo de visitantes por observación directa constituye el primer esfuerzo sistemático en medir el flujo de personas a la REM y algunos de sus atributos sociales y de visita. El conteo de visitantes mostró que los visitantes tienen un amplio rango de edades, y en mayor proporción son hombres. Las visitas por individuos solitarios son más frecuentes, sin embargo el mayor la mayor cantidad de visitantes acude a la REM en grupos (73.2% del total), usualmente de dos y tres personas.

El flujo de personas a la reserva es diario aunque asimétrico en diversos puntos. El tránsito de visitantes se concentró en las dos estaciones de monitoreo más cercanas a las colonias vecinas en la parte baja de la reserva. En dichas estaciones se contabilizó el 75% de los usuarios y 80.7% de las visitas. No se observaron diferencias notables en el flujo de visitantes entre días de semana.

Basados en diferentes resultados se recomienda hacer un manejo plural que considere la inclusión de diversas necesidades y demandas de uso de los usuarios de la REM. El manejo debe recurrir a varias estrategias y técnicas de manejo para contener y restaurar los diferentes impactos asociados al uso de senderos (p. ej. programas de educación y comunicación ambiental en la reserva y las colonias aledañas, apoyo al desarrollo aledaño, uso de letreros entre otros).

La autorización de algunos usos en baja escala es una opción, incluyendo la extracción de leña. Los leñadores frecuentes y más necesitados podrían ser apoyados con estufas ahorradoras de leña por ejemplo. La exclusión total de usos no se sugiere para evitar conflictos sociales por un manejo restrictivo como la falta de participación de los usuarios de la reserva, traslado de impactos a otras áreas del bosque, incluso comportamientos hostiles hacia el personal o destrucción de la infraestructura de la administración de la REM. La planeación y tomas de decisiones de manejo debe partir

entonces de una evaluación y reflexión de las oportunidades y limitaciones de las acciones de manejo.

El manejo de senderos no debe limitarse a la clausura de senderos y su contención física por medio de cercas. Se recomienda mantener una red interna básica de senderos cómodos al tránsito y diseñados con principios técnicos. Estos senderos deben respetar en lo posible las rutas tradicionales y de mayor tránsito de personas para permitir el acceso a destinos en puntos opuestos de la reserva. Los segmentos de senderos mal alineados y sitios puntuales de concentración del uso no deseados por la administración deberán ser reubicados y restaurados.

Se recomienda finalmente continuar con los estudios de monitoreo de visitantes y extenderlos a lo largo del año para conocer mejor los patrones de uso de la reserva, el perfil de visitantes y los flujos de visitantes. Los estudios de monitoreo deben ser debidamente planeados debido a su alto costo, y considerar otras opciones de monitoreo complementarios. La experiencia de este trabajo aporta elementos para mejorar futuros trabajos de monitoreo en la REM.

## **Aspectos éticos**

No se encuentra inconveniente alguno con el empleo y la aplicación de la información en tanto se respete y mantenga el anonimato de los participantes encuestados y fue voluntaria su participación. Pronatura Sur otorgó el permiso y proporcionó facilidades para que pudiera realizarse el estudio en la Reserva Ecológica de Moxviquil.

## LITERATURA CITADA

- Arnberger, A y Brandenburg, Ch 2002, 'Visitor structure of a heavily used conservation area: the Danube Floodplains National Park, Lower Austria', en A Arnberger, C Brandenburg, A Muhar (eds), *Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas Conference Proceedings*, Institute for Landscape Architecture and Landscape Management, Bodenkultur University Vienna, Vienna, pp. 7-13.
- Arnberger, A y Hinterberger, B 2003, 'Visitor monitoring methods for managing public use pressures in the Danube Floodplains National Park, Austria', *Journal for Nature Conservation*, vol. 11, pp. 260-267.
- Beunen, R, Jaarsma, CF y Kramer, R NA 2004, 'Counting of visitors in the Meijendel dunes, The Netherlands', *Journal of Coastal Conservation*, vol. 10, pp. 109-118.
- Bezaury, J, Gutiérrez, D et al. 2009. Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 385-431
- Buckley, R 2004, 'Impacts positive and negative: links between ecotourism and environment', en R Buckley (ed), *Environmental impacts of ecotourism*, CABI Publishing, Oxfordshire, pp. 5-14.
- Cessford, G y Muhar, A 2003, 'Monitoring options for visitor numbers in national parks and natural areas', *Journal of Nature Conservation*, vol. 11, pp. 240–250.

- Cole, DN 1991, 'Changes on trails in the selway-bitterroot wilderness, Montana, 1978-89', *Intermountain Research Station Research Paper INT-212*, USDA (United States Department of Agriculture) Forest Service, Ogden, Utah, pp. 1-5.
- Cole, DN 2002, 'Ecological impacts of wilderness recreation and their management', en JC Hendee y CP Dawson (eds), *Wilderness management: stewardship and protection of resources and values*, Fulcrum Publishing, Colorado. pp. 413-459.
- Cole, DN 2004a, 'Impacts of hiking and camping on soils and vegetation: a review', en R Buckley (ed), *Environmental impacts of ecotourism*, CABI Publishing, Oxfordshire, pp. 41-60.
- Cole, DN 2004b, 'Environmental impacts of outdoor recreation in wildlands', en MJ Manfredo, JJ Vaske, BL Bruyere, DR Field y PJ Brown (eds), *Society and Natural Resources: a summary of knowledge*, Modern Litho, Jefferson, pp. 106-116.
- Cole, DN 2006, 'Visitor and recreation impact monitoring: Is it lost in the gulf between science and management?', *The George Wright Forum* vol. 23, no. 2, pp. 11-16.
- Cole, DN y Wriqht, V 2004b, 'Information about Wilderness Visitors and Recreation Impacts. Is It Adequate?', *International Journal of Wilderness*, vol. 10, no. 1, pp. 27-31.
- Creswell, JW 2003, *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*, 2nd edn, Sage Publications, California, pp.3-26.
- De la Torre, G de J 2006, Participación política de las mujeres indígenas migrantes en la ciudad de San Cristóbal: el caso de la colonia Primero de Enero, Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Chiapas.
- De Vos, J 1986, *San Cristóbal ciudad colonial*, Colección Regiones de México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.

- Diccionario Merriam-Webster 2011, *Free Merriam-Webster Dictionary* [en línea], visto el 14 de diciembre de 2011, <http://www.merriam-webster.com/dictionary/monitor>
- Farrell, TA 1999, Visitor impact assessment and management for protected areas in Central and South America, tesis de doctorado, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Farrell, TA y Marion, J 2002, 'The protected area visitor impact management (PAVIM) framework: a simplified process for making management decisions', *Journal of Sustainable Tourism*, vol. 10, no. 1, pp. 31-51.
- Fournier, P 2006, 'Arqueología de los caminos prehispánicos y coloniales', *Arqueología Mexicana*, vol. 14, no. 81, pp. 27-31.
- García, B 2006, 'Veredas y caminos en tiempos del automóvil', *Arqueología Mexicana*, vol. 14, no. 81, pp. 66-69.
- García, E, Ramos, G, Galicia, E, y Serrano, A 2009, 'The complex reality of biodiversity conservation through Natural Protected Area policy: Three cases from the Yucatan Peninsula, Mexico', *Land Use Policy* vol. 26, no. 3, pp. 715-722.
- García, E. y Cachón, V 2010, 'Las áreas naturales protegidas de México. Presente, pasado y futuro', en L. Almeida-Leñero, I. Nuñez, A. Barahona. (eds). Educación para la sustentabilidad ambiental. Una perspectiva necesaria. Las prensas de ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México D.F.
- Gobierno del Estado de Chiapas, 2002, *Mapa Edafología*, escala gráfica 1:130,000, localización San Cristóbal de las Casas, el Autor, clave DS, mapa MN-4.

- Gómez, A y Dirzo, R 1995, 'Las reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México', Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, México D.F.
- González, M, Ochoa, S, Ramírez, N y Quintana, P 1997, 'Contexto vegetacional y florístico de la agricultura', en MR Parra, y BM Díaz (eds), *Los Altos de Chiapas: agricultura y crisis rural*, Tomo 1, Los Recursos Naturales, El Colegio de la Frontera Sur, pp. 85-117.
- Hendee, JC y Dawson, CP 2002, 'Wilderness Use and User Trends', en JC Hendee y CP Dawson (eds), *Wilderness management: stewardship and protection of resources and values*, Fulcrum Publishing, Colorado. pp. 373-411.
- Hennig, S 2006, 'Going ahead: from visitor monitoring to recreational use monitoring – the example of the EU Regional Recreation Area Berchtesgaden National Park / Salzburger Kalkhochalpen', en D Siegrist, C Clivaz, M Hunziker y S Iten (eds), *Proceedings of the Third International Conference on Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas*, University of Applied Sciences, Rapperswil, Switzerland, pp. 322-328.
- Hernández, R, Fernández C y Batista P 1998, *Metodología de la investigación*, 2a ed, Mc Graw-Hill, México.
- Hinterberger, B, Arnberger, A. y Muhar, A 2002, 'GIS-supported network analysis of visitor flows in recreational areas', en A Arnberger, C Brandenburg, A Muhar (eds), *Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas Conference Proceedings*, Institute for Landscape Architecture and Landscape Management, Vienna, pp. 28-32.

- Lechner, L 2004, *Planificación, construcción y mantenimiento de senderos*, Red Ross Press, Colorado.
- Leung, YF y Marion JL 1999, 'Assessing trail conditions in protected areas: application of a problem assessment method in Great Smoky Mountains National Park, USA', *Environmental Conservation*, vol. 26, no. 4, pp. 270–279.
- Leung, YF y Marion JL 2000, 'Recreation impacts and management in wilderness: a state-of-knowledge review', *Wilderness science in a time of change conference—Volume 5: Wilderness ecosystems, threats, and management, May 23–27 1999, Missoula, MT*, Proceedings RMRS-P-15-VOL-5. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Ogden, UT, EUA, pp. 23-48.
- León C y Vázquez, MA 1997, *Plan de desarrollo urbano en el centro de población de San Cristóbal de las casas, Chiapas*, Reporte preliminar, s. n., México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) 2004, '*Guía para la interpretación de cartografía, edafología*', INEGI, Aguascalientes.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) 2010, Censo de población y vivienda 2010, principales resultados por localidad (ITER), base de datos, vista 28 noviembre 2012, [http://www3.inegi.org.mx/sistemas/iter/descargas/2010/ITER\\_07XLS10.zip](http://www3.inegi.org.mx/sistemas/iter/descargas/2010/ITER_07XLS10.zip)
- Manning, RE, Lawson, S, Newman, P, Budruk, M, Valliere, W, Laven, D y Bacon, J 2004, 'Visitor perceptions of recreation-related resource impacts', en R Buckley (ed), *Environmental impacts of ecotourism*, CABI Publishing, Oxfordshire, EUA, pp. 259-271.
- Marion, J 2006, 'Recreation ecology research in the Americas', en D Siegrist, C Clivaz, M Hunziker y S Iten (eds), *Proceedings of the Third International Conference on*

*Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas*, University of Applied Sciences, Rapperswil, Switzerland, pp. 93-97.

Marion, JL y Leung, YF 2001, 'Trail resource impacts and an examination of alternative assessment techniques', *Journal of Park and Recreation Administration*, vol.19, no. 3., pp. 17-37.

Marion, J. y Leung, YF 2011, 'Indicators and protocols for monitoring impacts of formal and informal trails in protected areas', *Journal of Tourism and Leisure Studies*, vol. 17, no. 2, pp. 215-236.

Marion, J, Leung, YF y Nepal, SK 2006, 'Monitoring trail conditions: new methodological considerations', *The George Right Forum*, vol. 23, no. 2, pp. 36-49.

Mayorga, J 2007, 'Diagnóstico de la situación ambiental en el municipio de San Cristóbal de Las Casas', en D Camacho, A Lomelí y P Hernández (eds), *La ciudad de San Cristóbal de Las Casas, a sus 476 años: una mirada desde las ciencias sociales*, Consejo Estatal para las Culturas y las Artes de Chiapas, Tuxtla Gutierrez, pp.193-223.

McNeely, JA 1994, 'Protected areas for the twenty-first century: working to provide benefits to society, Parks and Protected Areas', *Unasylva*, vol. no. 176, Visto el 30 de mayo de 2012.

<http://www.fao.org/docrep/v2900s/v2900s03.htm#areas%20protegidas%20para%20el%20siglo%20xxi:%20trabajando%20para%20proporcionar%20beneficios%20a%20Ola>

Mera LM (1989) 'Condiciones naturales para la producción', en MR Parra (ed), *El subdesarrollo agrícola en los Altos de Chiapas*, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, pp. 21-82.

- Monz, Ch A, Cole, DN, Leung, Y y Marion, JL 2009, 'Sustaining visitor use in protected areas: future opportunities in recreation ecology research based on the USA experience', *Environment Management*, doi: 10.1007/s00267-009-9406-5
- Monzón C 2006, 'Perspectiva multi-escala de los incendios forestales y la deforestación en el Parque Nacional Laguna del Tigre, Guatemala', tesis de maestría, El Colegio de la Frontera Sur.
- Morales, Ma del C 2007, 'Redes sociales, transformaciones del espacio-ciudad: zona norte de San Cristóbal de las Casas, Chiapas', tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Chiapas.
- Naughton, L, Buck, M, y Brandon, K 2005, 'The role of protected areas in conserving biodiversity and sustaining local livelihoods', *Annual Review of Environmental Resources*, vol. 30, pp. 219–52.
- Obua, J y Harding, DM 1997, 'Environmental impact of ecotourism in Kibale National Park, Uganda', *Journal of sustainable tourism*, vol. 5, no. 3, pp. 213-223.
- Osorio, M, Franco, S, Ramírez de la O, IL, Nava, G, Novo, G, Hugo, H 2011, 'El visitante del Parque Nacional Nevado de Toluca, México. Análisis del comportamiento en un área natural protegida', *Investigaciones Geográficas* vol. 76, pp. 56- 70.
- Pettebone, D 2006, 'Methods to quantity recreation impacts along the Glacier Gorge Trail in Rocky Mountain National Park', tesis de maestría, Colorado State University.
- Rodríguez RE 2008, 'Community involvement in marine protected areas: the case of Puerto Morelos Reef, México', *Journal of environmental management* vol. 88, pp. 1151-1160.

- Roggenbuck, JW y Lucas RC 1987, 'Wilderness use and user characteristics: a state-of-knowledge review', *Proceedings-National Wilderness Research Conference: issues, state-of-knowledge, future directions*, Fort Collins, pp. 204-244.
- Roovers, P, Hermy, M y Gulinck, H 2002, 'Visitor profile, perceptions and expectations in forests from a gradient of increasing urbanization in central Belgium', *Landscape and urban planning*, vol. 59, no. 3, pp. 129-145.
- Santos, A 2012, '¿Cómo está el bosque? ¿Qué dice la gente? Análisis socio-ecológico del volcán Huitepec', tesis doctoral, El Colegio de la Frontera Sur.
- Švajda, J 2009, Contribution for Improvement of Visitor Monitoring in the Tatra National Park, *Eco.mont Journal of mountain protected areas research and management*, vol.1, no. 2, pp.13-18.
- Vaske, JJ, Donnelly, MP y Shelby, B 1993, 'Establishing management standards: selected examples of the normative approach', *Environmental Management* vol. 17, no. 5, pp. 629-643.
- Watson, AE, Cole, DN, Turner, DL y Reynolds, PS 2000, 'Wilderness recreation use estimation: a handbook of methods and systems'. *General Technical Report RMRS-GTR-56*, United States Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Ogden, UT, EUA.
- West, P y Brockington, D 2006, 'An anthropological perspective on some unexpected consequences of protected areas', *Conservation Biology*, vol. 20 no. 3, pp. 609-616.
- Wimpey, J y Marion JL 2011, *Formal and informal trail monitoring protocols and baseline conditions: Great Falls Park and Potomac Gorge* [research report], U.S. Geological Survey, Virginia Tech Field Unit, College of Natural Resources & Environment.

- Wittman, LE 2009, 'Monitoring public access impacts on conservation forests: a management framework', tesis de maestría, Nicholas School of the Environment of Duke University.
- Wolf, ID, Hagenloh, G y Croft, DB 2011, Visitor monitoring along roads and hiking trails: How to determine usage levels in tourist sites, *Tourism Management* (2011), doi:10.1016/j.tourman.2011.01.019, pp. 1-13.
- Xu J, Chen, L, Lu, Y y Fu B 2006, 'Local people's perceptions as decision support for protected area management in Wolong Biosphere Reserve, China', *Journal of Environmental Management*, vol. 78, doi:10.1016/j.jenvman.2005.05.003, pp. 362–372.
- Zar, JH 2010, *Biostatistical analysis*, Fifth edition, Pearson Education, New Jersey.

## ANEXO I

Encuestador: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_ (am/pm)  
Tiempo: \_\_\_\_\_ Contexto/situación: \_\_\_\_\_

### I. DATOS DEL ENCUESTADO

#### 1. Podría decirme ¿Cuál es (su/ tu) edad?

Menos de 15 años ...1                      26 a 35 años .....3                      46 a 55 años....5                      66 o mas.....7  
16 a 25 años .....2                      36 a 45 años.....4                      56 a 65 años....6

2. El encuestado es:                      HOMBRE.....1                      MUJER.....2

3. ¿Cual es su nacionalidad?    Mexicana.....1                      Otra (especifique): \_\_\_\_\_.....2

#### 4. ¿Pertenece usted a algún grupo indígena o etnia? por ejemplo Chamula, Zinacanteco, Zapoteco, etc.

SI .....1                      NO.....2

5. [Si el encuestado contesto Si a pregunta 4].

¿Cual es el nombre del grupo indígena o etnia al cual pertenece? \_\_\_\_\_

#### 6. ¿Cual es el nombre del barrio, colonia o localidad donde tiene su domicilio o casa?

[En caso de que el encuestado no sepa el nombre de su colonia use un mapa para ayudarlo a ubicar su colonia. Si el encuestado vive en otro municipio, estado o país especifique.]

Getzemani (SCLC) .....1                      Primero de Enero (SCLC).....4                      Otro (Especifique localidad y estado/ país):  
Diego de Mazariegos (SCLC) ....2                      Paraje Pozuelos (Chamula).....5  
Barrio Ojo de Agua (SCLC) .....3                      Paraje Saclamanton (Chamula) ..6                      \_\_\_\_\_.....7

#### 7. ¿Cual es su principal ocupación o trabajo durante la semana?

[Seleccione aquella opción que mejor describa la ocupación del encuestado.]

EMPLEADO EN NEGOCIO O INSTITUCION.....1                      ALBANIL O PEON EN CONSTRUCCION.....7  
TRABAJO EN CAMPO O CRIA DE ANIMALES....2                      PENSIONADO O JUBILADO.....8  
MANEJA NEGOCIO PROPIO (ESTABLECIDO) ...3                      NO TRABAJA.....9  
VENDE PRODUCTOS EN LA CALLE .....4                      BUSCA TRABAJO.....10  
QUEHACERES DEL HOGAR.....5                      FABRICA PRODUCTO PARA VENDER .....11  
ESTUDIANTE.....6                      OTRO(especifique): \_\_\_\_\_.....12

8. ¿Me podría explicar que es lo que hace en dicha actividad? \_\_\_\_\_

9. ¿Cuál es entonces el nombre de su ocupación, oficio o puesto? \_\_\_\_\_

**10. ¿Cual es el máximo grado o nivel de estudios que alcanzó en la escuela?**

- |                                 |                                |
|---------------------------------|--------------------------------|
| NO ASISTIÓ.....1                | ESCUELA NORMAL.....5           |
| PRIMARIA.....2                  | CARRERA TECNICA O COMERCIAL..6 |
| SECUNDARIA.....3                | PROFESIONAL.....7              |
| PREPARATORIA O BACHILLERATO...4 | MAESTRIA O DOCTORADO.....8     |

**II. CONOCIMIENTO DE LA RESERVA ECOLOGICA MOXVIQUIL**

---

11. *[Mostrar un mapa al visitante y orientar brevemente la ubicación de ambos, indicando algunos puntos sobresalientes].*

**¿Sabía antes de esta platica que la superficie de bosque señalado en el mapa es una propiedad privada que recibe el nombre de “Reserva Ecológica Moxviquil”?** SI .....1 NO.....2

12. *[Realice esta pregunta solo si el encuestado no vive en las colonias inmediatas].*

**¿Cómo (se entero/ te enteraste) de la existencia de la “Reserva Ecológica Moxviquil”?**

- |                                      |                  |                       |
|--------------------------------------|------------------|-----------------------|
| Vive cerca / ha visto la reserva...1 | Televisión.....5 | Evento publico..... 9 |
| Mapa.....2                           | Radio.....6      | Escuela.....10        |
| Familiares.....3                     | Periódicos.....7 | Otro. Especifique:    |
| Amigos o vecinos.....4               | Internet.....8   | .....11               |

**13. ¿Sabe quienes son los administradores de la “Reserva Ecológica Moxviquil”?**

*[Evalué el conocimiento del encuestado de acuerdo a la siguiente escala]*

- El encuestado conoce a Pronatura como administrador..... 1  
El encuestado menciona otros nombres diferentes o adicionales a Pronatura .....2  
El encuestado desconoce administrador alguno de la Reserva .....3

**III. USO DE LA RESERVA**

---

**14. ¿Desde hace cuanto tiempo utiliza los senderos de esta Reserva?**

- |                             |                         |
|-----------------------------|-------------------------|
| ES SU PRIMERA VEZ.....1     | ENTRE 1 Y 5 ANOS.....4  |
| HACE MENOS DE UN MES.....2  | ENTRE 5 Y 10 ANOS.....5 |
| ENTRE UN MES Y UN AÑO.....3 | MAS DE 10 ANOS .....6   |

**15. ¿Con que frecuencia a la semana, mes o año utiliza los senderos de esta Reserva?**

- |                                    |                                |
|------------------------------------|--------------------------------|
| TODOS LOS DIAS DE LA SEMANA .....1 | UN PAR DE VECES POR MES .....5 |
| ENTRE 3 A 5 DIAS POR SEMANA .....2 | UNAS VEZ POR MES .....6        |
| ENTRE 1 A 2 DIAS POR SEMANA .....3 | UNAS POCAS VECES AL AÑO .....7 |
| UNA VEZ A LA SEMANA .....4         | PRIMERA VEZ.....8              |

**16. ¿Que días de la semana utiliza con mayor frecuencia los senderos?**

- Entre semana (lunes a viernes).....1 Ambos .....3  
Fines de semana (sábados y/o domingos) .....2

**17. Aproximadamente que horas del día acostumbra utilizar más los senderos de la reserva.**

*[Circule las opciones necesarias.]*

MANANAS.....1      MEDIODIA.....2      TARDES.....3      NOCHES.....4      TODO EL DIA....5

Tome notas si el encuestado menciona horas: \_\_\_\_\_

**18. ¿Que meses del año utiliza con mayor frecuencia los senderos de la Reserva?**

[Circule las opciones necesarias.]

Abril-Junio (Primavera) .....1      Octubre-Diciembre (Otoño) .....3      Todo el año .....5  
Julio –Septiembre (Verano) .....2      Enero-Marzo (Invierno) .....4

**19. [Si el encuestado se ve SOLO]**

**¿Viene solo a la Reserva o alguien mas lo acompañaba?**

Viene solo ..... 1      Viene acompañado.....3  
Venía acompañado pero no mas .....2

**20. [En caso de que el encuestado venga o haya venido acompañado pregunte según el caso.]**

**¿Cuántas personas (vienen/ venían) con usted? Anote el número:** \_\_\_\_\_

**21. [Si el encuestado viene o venía acompañado realice esta pregunta, caso contrario pase a pregunta 24]**

**¿Que relación o parentesco tienen con usted la(s) persona(s) que lo (acompañan/ acompañaban)?**

[Seleccione las opciones que sean necesarias.]

MADRE.....1      HERMANO(S).....4      PRIMO(S).....7  
PADRE .....2      HIJO(S).....5      TIO(S).....8  
ESPOSO(A)/ PAREJA.....3      ABUELO(S).....6      AMIGO(S)/ VECINO(S).....9

**22. En total ¿cuanto tiempo (permaneció / tenía planeado permanecer) en la Reserva el día de hoy?**

MENOS DE 30 MINUTOS...1      DE 1 A 2 HORAS.....3      DE 5 A 12 HORAS .....5  
DE 30 MIN A 1 HORA .....2      DE 2 A 5 HORAS .....4      PASAR LA NOCHE .....6

**23. ¿Que actividades (realizo/ piensa realizar) en su visita o paso por la Reserva?**

[Circule las opciones que sean necesarios. Circule también las situaciones observadas aunque no hallan sido declaradas por el encuestado (por ejemplo si el encuestado lleva leña, costales con suelo, plantas, etc.).]

ESTUDIO CIENTIFICO.....1      CRUZAR O TRANSITAR LA RESERVA .....9  
APRECIAR NATURALEZA .....2      TOMAR ATAJO EN EL VECINDARIO .....10  
PASAR LA NOCHE (ACAMPAR).....3      ALIMENTAR ANIMAL (GANADO) .....11  
MEDITAR / TRANQUILIDAD .....4      COMER.....12  
ORAR / RELIGIOSO.....5      TRABAJO VOLUNTARIO/COMUNITARIO.....13  
CAMINAR O HACER EJERCICIO .....6      CONVIVENCIA CON AMiGOS .....14  
COLECTA DE RECURSO DEL BOSQUE (LENA/  
PLANTAS/ SUELO, ANIMALES/ MINERALES)..7      OTRO (especifique): \_\_\_\_\_...15  
BUSQUEDA DE PERSONA/ ANIMAL .....8

[Notas]: \_\_\_\_\_

**24. ¿Trajo consigo alimentos, equipo o herramientas para su uso en la Reserva?**

Bebidas (agua, dulce, refresco) .....	1	Herramientas de trabajo.....	6
Bebidas alcohólicas .....	2	Equipo de campamento .....	7
Alimentos para asar .....	3	Bolsas o costales .....	8
Alimentos preparados en casa o comprados .....	4	Otro (especifique)	
Alimentos empacados (no necesitan preparación adicional, ej., botanas) .....	5	_____.....	9

[Notas]: \_\_\_\_\_

**25. ¿En su visita o paso por la reserva, (visito/ piensa visitar) un lugar en especial?** [Describe, ej., grutas, sitio de campamento, oficinas moxviquil, milpa, sendero interpretativo. Opción mostrar mapa dividido en secciones y pedir que señale que zonas ha visitado y anotar los código de la zona visitada y si paso mas de 30 min el lugar]

\_\_\_\_\_

**IV. TRANSPORTE A LA RESERVA**

-----

**26. ¿Cuál fue el principal medio de transporte que (utilizo/ utilizaron) para llegar a la Reserva el día de hoy?**

LLEGO A PIE .....	1	AUTOMOVIL PARTICULAR .....	5
A CABALLO O MULA (MONTANDO).....	2	TAXI .....	6
BICICLETA .....	3	MICROBUS/ COMBI/ PESERA.....	7
MOTOCICLETA .....	4		

**27. ¿Que distancia (recorrió/recorrieron) desde el lugar donde paso la noche o su domicilio hasta la Reserva?**

MENOS DE UN KILOMETRO .....	1	DE 3 A 4.9 KILOMETROS .....	3
DE 1 A 2.9 KILOMETROS .....	2	MAS DE 5 KILOMETROS .....	4

**28. ¿Cuanto tiempo le(s) tomo llegar desde el lugar donde paso la noche o su domicilio hasta la Reserva?**

MENOS DE 30 MINUTOS .....	1	DE 1 A 2 HORAS .....	3
DE 30 MINUTOS A 1 HORA .....	2	MAS DE 2 HORAS .....	4

**VI. ACTITUDES HACIA LA RESERVA Y EL MANEJO DE LOS SENDEROS**

-----

Como usuario de los senderos o caminos de la Reserva Ecológica Moxviquil, explique que tan de acuerdo o en desacuerdo estaría (usted/ tu) con cada uno de los siguientes enunciados.

**29) La presencia de la Reserva Ecológica Moxviquil no tiene beneficio alguno para mí o mi familia**

De acuerdo.....	1	Ni acuerdo o en desacuerdo (sin opinión) .....	2	En desacuerdo .....	3
-----------------	---	--	---	---------------------	---

**30) La administración de la Reserva debería prohibir a cualquier persona extraer todo tipo de recurso del bosque como leña, plantas o animales.**

De acuerdo.....	3	Ni acuerdo o en desacuerdo (sin opinión) .....	2	En desacuerdo .....	1
-----------------	---	--	---	---------------------	---

**31) La administración de la Reserva debería aplicar reglamentos para el control de los senderos y sitios de recreo.**

De acuerdo.....3      Ni acuerdo o en desacuerdo (sin opinión) .....2      En desacuerdo .....1

**32) Como usuario de la Reserva, yo estaría dispuesto a respetar el uso de entradas y senderos autorizados por los administradores, siempre y cuando fueran seguros y estuvieran en buenas condiciones**

De acuerdo.....3      Ni acuerdo o en desacuerdo (sin opinión) .....2      En desacuerdo .....1

**33) Si me invitaran, estaría dispuesto a participar como voluntario en el mejoramiento de los senderos y sitios de recreo de la Reserva.**

De acuerdo.....3      Ni acuerdo o en desacuerdo (sin opinión) .....2      En desacuerdo .....1

**34) La administración de la Reserva debería cobrar una pequeña cuota o tarifa a los visitantes de la Reserva destinada a proteger los recursos naturales del bosque.**

De acuerdo.....3      Ni acuerdo o en desacuerdo (sin opinión) .....2      En desacuerdo .....1

**35) Por favor exprese cualquier inquietud, duda o recomendación en relación al futuro de los senderos o manejo de la Reserva Ecológica Moxviquil. [Anote las inquietudes con la mayor precisión]**

---

---

---

---

**36) Puede mencionarme o señalarme en un mapa las principales rutas o lugares que usted utiliza y porque las necesita.**

[Anote con mayor detalle la información del encuestado.]

---

---

---

**¡Muchísimas gracias por su ayuda. Su información será de mucha ayuda para este estudio y para el manejo futuro de la Reserva!**

## ANEXO II

### Hoja de monitoreos visuales - Reserva Ecológica Moxviquil

Fecha (dd/mm/aa): \_\_\_\_\_ Localización: \_\_\_\_\_

Hora inicio (hhmm): \_\_\_\_\_ Hora de término (hhmm): \_\_\_\_\_ Tiempo total (hhmm): \_\_\_\_\_

Observador: \_\_\_\_\_ Clima: nublado/ lluvioso/ soleado/ frío/ airoso

Hoja 1 de 3

#	Tamaño grupo	Hora hhmm	Entrada /salida <sup>a</sup>	Uso toda la noche/ día <sup>b</sup>	Modo viaje <sup>c</sup>	# y tipo animal <sup>d</sup>	# ≤ 16 <sup>e</sup>	# 17-30 <sup>e</sup>	# 31-45 <sup>e</sup>	# 46-55 <sup>e</sup>	# >55 <sup>e</sup>
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

<sup>a</sup>1= Saliendo, 2=entrando

<sup>b</sup>0=inseguro, 1=uso de día, 2=paso la noche

<sup>c</sup>1=a pie, 2=caballo, 3=a pie con animal de carga

<sup>d</sup>1=perros, 2=borregos, 3=mula/caballo

<sup>e</sup>m=masculino, f=femenino, b=bebe

#	Nacio- nalidad <sup>f</sup>	Grupo etnico <sup>g</sup>	Colonia o barrio <sup>h</sup>	Mercancia <sup>i</sup>	Destino <sup>j</sup>	Hora Regreso hhmm	Observaciones
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

<sup>f</sup>0=inseguro, 1=mexicanal, 2=extranjero, 3=mixto

<sup>g</sup>0=inseguro, 1=indígena, 2=mestizo

<sup>h</sup>0=Inseguro, 1=Hormiga, 2=Getzemani, 3= Anexo morelos, 4= Diego de mazarieros, 5= Santo Domingo, 6= Barrio Ojo de Agua, 7=Primero de enero, 8= Palestina, 9= Nueva Palestina, 10=Tlaxcala, 11=Pozuelos, 12=Saclamanton, 13=otro

<sup>i</sup>0=inseguro, 2=lana, 3=suelo, 4=plantas medicinales, 5=hongos, 6=bromelias/orquideas, 7= piedra, 8=carbon, 9=otro (describe)

<sup>j</sup>0=inseguro, 1=Hormiga, 2=Getzemani, 3= Anexo morelos, 4= Diego de mazarieros, 5= Santo Domingo, 6= Barrio Ojo de Agua, 7=Primero de enero, 8= Palestina, 9= Nueva Palestina, 10=Tlaxcala, 11=Pozuelos, 12=Saclamanton, 13=milpa, 14=otro

### **Observaciones generales**

Realice una descripción cualitativa de los usuarios, anécdotas o sucesos que ayuden a entender o interpretar mejor los usuarios, sus comportamientos y formas de uso de los recursos de la reserva.

### ANEXO III

Artículo enviado para publicación a revista con arbitraje 'Journal for Nature Conservation' el 13 de noviembre de 2012.

Evaluation of a methodological approach for counting visitors in a periurban protected area of Mexico

Edgar Romero-Aguila<sup>a,\*</sup>, Eduardo Bello-Baltazar<sup>a</sup>, Eduardo J. Naranjo<sup>a</sup>, Miguel A. Vásquez-Sánchez<sup>a</sup>, Brett Bruyere<sup>b</sup>

<sup>a</sup>El Colegio de la Frontera Sur, Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n, Barrio María Auxiliadora, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México, C.P. 29290.

<sup>b</sup>Department of Human Dimensions of Natural Resources, Colorado State University, 1480 Campus Delivery, Fort Collins, CO 80523-1480

\*Corresponding author: [eduambiental@hotmail.com](mailto:eduambiental@hotmail.com)

## Abstract

The gathering of information on visitor use patterns of protected areas is important to support data-based planning and management decision-making. Systematic monitoring of visitors can provide this information. However, visitor monitoring projects are recognized as challenging and costly in time, human and financial resources. In this paper, we describe and review a methodological approach used to count the visitors to Moxviquil Ecological Reserve (MER), Chiapas, Mexico. Prior to this study, the counting of visitors in the MER had been delayed because of managerial constraints in human and financial resources, as well as logistical difficulties arising from the presence of multiple pedestrian entrances along its borders, and an extensive network of trails traditionally used by visitors but not previously inventoried. The study approach included a first phase of trail inventory and mapping using a global positioning system and a geographic information system. The mapping was necessary to understand the joint network of trails, to locate the various access points, and to identify the most suitable places to establish monitoring stations. The second phase consisted of a systematic recording of visitors observed passing through five monitoring stations on a selected sample of dates and hours. Our results allowed the elaboration of a general portrait of the spatial flow of visitors in MER and some of their observed demographic characteristics to be displayed. Additionally some trends in use patterns were identified. We discuss the positive and negative aspects of this approach in terms of expenditures in personnel time, human resources required, financing and sources of bias. We recommend expanding the monitoring of visitors at MER to other dates and hours throughout the year for a better understanding of visitor use patterns. We also recommend enlisting the support of volunteers to reduce the costs of visitor monitoring with a direct observation technique.

## Key words

Chiapas

Moxviquil Ecological Reserve

Natural Protected areas

Management

Trail users

Visitor monitoring

## Introduction

The gathering of baseline information on visitor use patterns has long been considered important to support with data the process of planning and decision making in the field of protected areas management (Cole, 2006, Roggenbuck and Lucas, 1987; Watson et al., 2000). The basic information required in any visitor monitoring program is the number of visitors and how these are distributed in time and space (Cessford and Muhar, 2003). Comprehension of data on current status and trends in variables related to visitor use are necessary for a variety of planning tasks such as: selection of strategies for management of visitors and sites of use; determination of the impact of various activities on area resources; assessment of user compliance with park regulations; scheduling of maintenance; the efficient allocation of human and financial resources; and the development of appropriate marketing strategies for specific user groups (Arnberger et al., 2005; Roggenbuck and Lucas, 1987). Despite the importance of visitor monitoring in park management and the fact that different techniques have been developed to estimate and characterize the visitor uses and their impacts (Hendee and Dawson, 2002, Watson et al., 2000), the systematic monitoring of visitors continues to not be used as a regular part of the management routine for many protected areas (Roovers et al., 2002). This holds true even for several national parks in developed countries with greater financial resources such as those found in the United States of America (Cole, 2006; Theobald et al., 2010).

For many parks and protected areas, a reliable and accurate estimation of the level of usage continues to be absent (Watson et al., 2000; Cole, 2006). Sometimes it is based on best guesses or data that are partially available for some specific days or crowded areas. Past experiences have shown that visitor monitoring is not easily done and is rather complex and costly in time, human and financial resources. Lack of funding, staff, training, and knowledge about the available methods for collecting and analyzing data, as well as the logistical problems that arise from the size of the area and the high number of access points, are some of the reasons identified for the lack of visitors monitoring in many protected areas (Hendee and Dawson, 2002; Watson et al., 2000). These limiting factors are certainly common in numerous protected areas located in developing countries such as of Mexico and those in Latin America due to less financial and human resources available for their management. This is the case of the Moxviquil Ecological Reserve (MER) located north of the city of San Cristobal de Las Casas, in the southern state of Chiapas, Mexico. The MER is a private protected area managed by Pronatura Sur, a local conservationist non-governmental organization (NGO). The reserve is comprised of 96 hectares of secondary oak forest extending over a series of hillsides along the northern side of the city. Prior to this research, an estimate of the level of visitor use had been delayed since its establishment in 1996. Some factors that were found to have contributed to this delay are: low funding and human resources allocated for the management of the reserve; absence of spatial information (a map) related to the location of the multiple entry points and the extensive

trail network of the reserve that would allow for the design of a suitable monitoring system; lack of training of the staff who work at Pronatura Sur on visitor monitoring methods and data analysis; and the multiple responsibilities of the staff and the low priority given to the monitoring of visitors. From a management standpoint, the lack of data on the visitor use patterns is problematic because it limits the potential of Pronatura Sur to plan and make decisions based on objective data, and to more efficiently use its limited budget and resources. The lack of data also raises questions about the rationale behind the decisions related to the management of visitors.

The purpose of this article is to show and review the methodological approach used to count and characterize the visitor use in the Moxviquil Ecological Reserve. Advantages, limitations, sources of bias and improvements to the method are discussed. This work is also intended to show the challenges of the monitoring of visitors in a protected area of Mexico with low funding and staff, open boundaries, multiple entrances and a wide network of informal trails. Monitoring of visitors in protected areas has been poorly documented in the region; therefore this information could be used as a reference for future works in the area.

## Method

### Study site

The MER is an oak forest area situated on a series of hills north of the city of San Cristobal de Las Casas (16 ° 45' N, 92 ° 38' W; elevation 2,140 to 2,470 m) which has a population of approximately 150,000 inhabitants (Figure 1). To the north, the MER is bordered by forest lands of the indigenous municipality of San Juan Chamula. To the east and west, the reserve is bounded by forest lands of communal and private property in the municipality of San Cristobal de Las Casas. To the south, the MER is edged by several urban neighborhoods and the city's expressway that lies at its periphery. Most of the neighborhoods surrounding the reserve are less than 20 years old and are inhabited mainly by low-income families of indigenous origins (Morales, 2007). The MER was created in 1996 by Pronatura Sur on three contiguous private properties with the purpose of protecting a fragment of secondary oak forest from threats such as urban sprawl and illegal invasions of the land by homeless indigenous immigrants in the city. Forest lands bordering the north of the city of San Cristobal de Las Casas are subject to many uses by local people such as firewood gathering, charcoal production, cultivation of subsistence crops (milpas), and different leisure and religious activities, among other uses. The only uses of the MER as allowed by Pronatura Sur policies include leisure, educational, academic research and temporary use of some trails for crossing purposes. However, other uses, such as removal of firewood, plants, soil and mushrooms continue to be common clandestine occurrences.

Because of the proximity of the MER to the city, the reserve is frequently used by pedestrian visitors. The official infrastructure in the reserve for public access is an interpretative trail of 2.3 km with its trailhead located near a parking lot in the southeast area of the reserve. However, access is possible from different points of entry in the periphery, and visitors can travel on foot through the reserve using an extensive network of informal trails, which have been created and maintained by these visitors during several decades of continuous use. From a management standpoint, the presence of multiple entry points and trails has made it problematic for the administration to both estimate the number of users and control their activities and impact on the MER's forest resources.

### Counting of Visitors

The process for counting visitors was performed in two phases between September 2007 and May 2008.

#### Phase I: Trail Inventory and Mapping

This was conducted from September to December 2007. All of the trails, points of entry, and most frequented sites within the boundaries of the reserve were identified and recorded by walking through the reserve with a global positioning system (GPS) device. Subsequently, data were entered into a geographic information system (GIS) software (ArcGIS 9.2, ESRI Inc., Redlands, California) and edited to create a map of the trails with the support of the staff of the Laboratory of Geographic Information Analysis and Statistics (LAIGE) of the Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), also located in San Cristobal. The map was the basis for understanding the interconnected web of trails within the reserve and locating both the multiple points of entry and the sites with the greatest movement of people. It was also used to design the monitoring system and train the monitoring volunteers recruited for the study (Figure 2).

[Insert here Figure 1]

#### Phase II: Counting of Visitors and Data Analysis

This phase was conducted in April and May of 2008, and consisted of recording all the individual visitors or groups of people observed passing through five monitoring stations placed at sites identified as "nodes" or "bottlenecks" which were located on the periphery of the reserve, near the neighboring urban neighborhoods (Figure 2). Monitoring was conducted by the first author and a group of four students from a local university

(Universidad Intercultural de Chiapas, UNICH) who participated voluntarily and were previously trained in field data collection. Monitoring was carried out on a selection of 17 nonconsecutive days and took place equally on weekdays and weekends (see Table 1). The monitoring stations were operated and rotated for the same number of hours and days. In total, each station was monitored on eight different non-rainy days. The visitor monitoring began between 7:30 and 8:00 am and ended at 12:00 pm. The schedule of dates, times, and the maximum number of monitoring stations surveyed per day (three) were selected based on the number of volunteers and their time available, which is a discrete sample. In each monitoring station, one or two volunteers were in charge of counting visitors. Visitor observations were recorded in a spreadsheet format which was modified from that of Watson et al. (2000, p. 22). The monitoring sheets captured quantitative and qualitative variables, including: group size, time of entry and exit, age, sex, nationality, ethnicity, duration of use, mode of travel, number and type of pets, and goods transported. Qualitative observations were also made about their behavior, dress, ethnic origin and destination, and occasionally brief informal interviews were held with visitors to obtain information about the nature of their visits. In the selection of monitoring sites, priority was given to cover the main routes and points of entry identified during process of the inventory of trails, including field sites identified as "bottlenecks." This selection was done taking care to minimize overlapping routes and decrease the possibility that users could be counted more than once on the same visit by different monitoring stations. For data analysis, information collected in the monitoring sheets was coded and captured in the statistical program SPSS for Windows 10.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois). The captured information was verified by eliminating entry errors and incomplete data. Although additional data were obtained, only those cases reported between 7:30 am and 12:00 pm were considered for this analysis. Statistical analysis of variables was descriptive and calculus was done for frequencies, percentages, averages and standard deviations (Watson et al. 2000; Zar, 2010). To determine statistical differences between the average of visitors per day, an analysis of variance was applied (ANOVA) considering a probability of 5% ( $p = 0.05$ ).

[Insert here Table 1]

[Insert here Figure 2]

## Results

### Types of visitors

According to the observed behavior, it was possible to recognize at least three different types of visitors: recreational users, firewood gatherers, and visitors passing through.

Recreational users were those who visited the reserve to exercise or to spend time in some of the recreational sites such as the camp sites and caves with leisure purposes. These visitors were generally in groups and carried backpacks or bags with food and drinks for picnicking. At times these users wore sports clothing. Firewood gatherers were people who went to the reserve for the purpose of obtaining supplies of firewood that are used as fuel for cooking in their homes. These visitors usually carried machetes and firewood on their backs when leaving the reserve. Visitors passing through were those who used the trails of the reserve with the sole purpose of crossing to destinations outside of the reserve, generally between nearby neighborhoods or between the municipalities of San Cristobal de Las Casas and San Juan Chamula. These last visitors usually did not stop in the reserve and their visits were brief.

#### Total number of visitors and their social characteristics

In absolute numbers, 838 visitors were registered in 405 visits made by solitary individuals or groups of people in the five monitoring stations. Of the total number of visitors, 461 were male (55%), 352 were female (42%) and 25 were babies in arms whose gender was not identified (3%) (Figure 3a). The totality of the visitors (100%) was classified as Mexican. No foreign visitors were identified during the monitoring hours; however, there were a few records of observations of foreign visitors mainly from Europe and North America registered outside of the monitoring hours. Based on recognition of regional traditional clothing and the language spoken between companions of groups or brief conversations between volunteers and visitors, 414 visitors (49%) in 185 visits were classified as members belonging mainly to any of the ethnic groups Tzotzil and Tzeltal. Specifically, visitors wearing clothes typical of the indigenous community of San Juan Chamula were the most frequent. Fewer visitors were identified wearing items originating from the municipalities of Pantelho, Tenejapa and Huixtan, among others. It was not possible to classify the ethnic origin of the remaining 50.6% of visitors (424 visitors in 220 visits) as mestizo or indigenous. As a result, the origin of these users was classified as 'unknown'; however, it is likely that the proportion of indigenous users was higher than described here because of the recent history of indigenous occupation in the neighborhoods near the reserve (Figure 3b). By comparing the estimated ages of users, the age group with the highest number of visitors was that of 17-30 year olds with 235 users (28%), followed by youth less than or equal to 16 years old with 198 users (23.6%). On the other hand, the least abundant groups were visitors older than 55 with 84 users (10%) and babies in arms counted at 25 (3%) (Figure 3c).

#### Group sizes and modes of travel

The most frequent form of travel of the reserve was individual. Of the 405 total recorded visits, just over half were made by single individuals (225 visits, 55.6%). Less frequent were group visits of two people (74 visits, 18.3%) and three people (53 visits, 13.1%). It is important, however, to note that although individual visits were more frequent than groups, solitary visitors comprised only just over a quarter of registered users (225 users, 26.8%) (Figure 3d). Most visitors traveled in groups (613 users, 73.2%), although this occurred less frequently. Among the qualitative observations, it was interesting to note that solitary users were typically men, while women were usually observed traveling in groups of women only or mixed groups with different ages and sexes. Due to the reserve's lack of roads and steep hills that reach 30-40% slopes, the main form of travel was on foot. 778 visitors (92.8%, excluding babies in arms) counted in 375 visits, moved through the reserve on foot. Cycling was counted in only 19 cases, most of which were single men. During this monitoring there was only one isolated case of a man who made use of a motorcycle near Station 1 (Figure 3e).

#### Companion animals

52 of the visits (12.8%) were accompanied by animals such as dogs, sheep and pack animals (mules and/or horses). Dogs were the most frequent companion animals observed in 33 visits (8.41%) (Figure 3f). Less frequently, sheep were recorded in nine cases (2.2%), horses in eight cases (2%) and dogs and horses in two cases (0.5%). Six was the maximum number of dogs and sheep that accompanied visitors to the reserve, while three was the highest number of pack animals. Pack animals were used to transport firewood, coal and packs filled with soil for trade, mainly from the municipality of San Juan Chamula to the city of San Cristobal de Las Casas. Sheep were transported by their owners to areas around the reserve to forage.

#### Goods transported

Backpacks and fabric bags were the items most frequently carried by visitors (registered in 135 visits, 33%), while the use of polyethylene plastic bags for carrying personal belongings was the second most frequent (52 cases, 12.8%). Other items carried by visitors were much less frequent. These items included tools for agricultural work, mainly machetes, forest products, such as charcoal, firewood, soil, and plants or their parts and others objects (i.e. baskets, cardboard boxes, plastic bottles, plastic buckets) (Figure 3g). Most of the forest products were commonly carried using a tumpline (a strap placed over the head with a sack or firewood attached at both ends), and very few used pack animals.

### Timing of use and hours of major traffic

According to observations of the equipment and/or goods carried, it is assumed that 100% of the visitors were day use visitors because no strong evidence that visitors stayed overnight in the MER was observed. For example, there were no visitors using thick jackets for the night, carrying sleeping bags, blankets, tents, ropes, coolers, cooking utensils, flashlights and other items for camping. When comparing the blocks of monitoring hours, the hour with the largest movement of people recorded was from 10:00 am to 10:59 am with 238 persons (28.4%), while the blocks starting at 8:00 am, 9:00 am and 11:00 am remained similar with 175, 173 and 178 people respectively. The lowest user registration occurred in the block ending at 7:59 am with 74 users (8.8%). Although this last block had the lowest flow, this included only users in half an hour of observations (between 7:30 and 7:59) and number of visitors could be higher in one hour of observations (Figure 3h)

[Insert here Figure 3]

### Total of visitors by stations

Stations 1 and 3 accounted for the greatest traffic of people with 75% of visitors and 80.7% of visits when added together. In Table 2, the number of visitors and visits per station is shown. Station 1 had the greatest traffic of people with 358 visitors (42.7%) in 195 visits, followed by station 3 with 270 users (32.2 %) in 132 visits. At the other extreme, station 2 and 4 recorded the least amount of people.

### Estimation of total number of visitors per day

When considering the amount of visitors that may pass through the five monitoring stations in an average day and during the monitoring hours (from 7:30 am to 12:00 pm), an average transit of 104.8 people was estimated (see Table 2). This number, however, does not represent a critical value because data used for calculations from all five monitoring stations were not collected simultaneously on the same days. Effects of bias from environmental or social factors are therefore unknown. Values are presented here for informational purposes only.

[Insert here Table 2]

Table 3 compares the average number of visitors at the five stations by day of the week. Friday and Saturday had the highest average of users between the monitoring hours with 112.5 and 108.8 users per day, respectively. Moreover, Table 4 shows that during the weekend there was a slightly higher average of users per day, with 107.5 weekend users in contrast to 102 users on weekdays. Despite the observed differences in average between weekdays and weekends, these differences were not statistically significant ( $p > 0.05$ ).

[Insert here Table 3]

[Insert here Table 4]

#### Estimation of total number of visitors per month

In relation to the amount of visitors that may pass through the five monitoring stations during a month of 30 days, and assuming that the trends of use and environmental conditions of the reserve remain constant, it is estimated that the number of users per month can reach an average of 3,247.2 people between the monitoring hours from 7:30 am to 12:00 pm. Considering the previously mentioned data on the number of users per station, it is expected that the majority of the visitors would pass through stations 1 and 3. As mentioned before, this number is not a critical value, rather is presented for informational purposes.

#### Discussion

##### Methodological strengths and inconveniences

The first phase of inventory and mapping of trails was found essential for the subsequent design of the visitor monitoring system applied in the MER. This phase was important for several different reasons: to develop a comprehensive and objective understanding of the location and interconnection of the extensive network of trails in the MER and the various access points; to gather direct information from the fieldwork regarding the routes and intersections of highest traffic; to select the node sites to place the monitoring stations based on the previous information; and to plan a more efficient use of the limited human resources and time available for the monitoring fieldwork. Without a comprehensive understanding of the network of trails and multiple access points, as well as the identification of node intersections, a logical and objective design for counting visitors would not be possible. As previously mentioned, at the beginning of this research, a map of the trail system was not available for the REM. The selection of node or bottleneck sites in

areas with numerous entrances and roads as was done in this study is a recommended strategy for choosing the location of monitoring points (Muhar et al., 2002). The use of a GPS device in this phase provided an efficient way to inventory the network of trails in the reserve, which was characterized by being highly cross-linked in complex patterns and long in lineal extension (33 kilometers in 96 hectares). The management of the GIS, however, was the most laborious part of this phase because it required a considerable investment of time for the edition of the map of trails. Access to a GPS device and to GIS software, as well as learning to operate this technology, might not always be easily available to people in charge of the management and protection of protected areas in developing countries as Mexico, due to the lack of financial and human resources and the necessary training. In this study, the external support of the LAIGE laboratory from ECOSUR was key in this phase of the project because it provided the needed assistantship for learning to operate the GPS device and the GIS software, as well as allowing the use of its GIS software, thereby reducing the costs of mapping.

Regarding the technique used for visitors monitoring, the direct observation of visitors who passed through the counting stations was found useful for the rapid recording and characterization of the visitors' profiles with minimal disturbance to their experiences. In particular, this technique was observed to be beneficial in a social environment where a high percentage of the visitors to the MER are indigenous, who tend to become suspicious if they are being questioned about their visits to the forest, or in those cases where visitors do not share the same language as the team of monitoring observers. Additionally, this technique was observed to be practical at times when simultaneous visits of small groups occurred and quick counts were required, or in cases where visits were brief due to the use of short trails used as shortcuts at the boundaries of the reserve connecting adjacent neighborhoods. On the other hand, the direct observation technique and the simultaneous operation of several counting stations were found to be time-consuming and costly in human resources. As previously described, several volunteers were needed to cover a total of five monitoring stations and scheduled hours for various days. Additionally, waiting times in the monitoring hours were tedious at moments for volunteers in periods of little or no traffic. The high costs in time and human resources of the direct observation technique, as well as the additional economical costs associated with the transportation of people to the monitoring points in remote areas, have been also reported by other authors as some of the disadvantages of direct observational techniques for visitor monitoring (Beunen et al., 2004; Cessford and Muhar, 2003, Watson et al., 2000; Wolf et. al, 2011). The demands of time and its interference with other responsibilities of park employees has been reported as an important reason why monitoring of visitors is not usually carried out in a systematic manner, but rather is predominantly opportunistic and generally takes place concurrently with other activities of the park employees (Cessford and Muhar, 2003). In this study, the support of volunteers was learned to be helpful for the efforts of counting visitors in view of the lack of staff at the MER and for reducing the costs of the monitoring project.

Volunteers donated their time and paid for their transportation expenses to the reserve. However, due to the low number of participating volunteers and the differences in their availability of time, the design of the sampling scheme had to be adjusted to a limited number of dates, times and monitoring stations (see Table 1). Consequently, the results of this study present a limited reach, and further monitoring of visitors throughout the day and year will be needed for a more comprehensive understanding of the use of the MER by visitors. Recruitment of more volunteers will be an option to cover different hours during a day and the seasons of the year when low financial resources are available for a visitor monitoring program.

#### Quality of the data and sources of bias in estimated averages

Beunen et al (2004) explain that the quality of data depends on the accurate and reliable performance of the detectors. A measure of reliability of the observers by comparing collected data in two parallel and independent samples was not considered at the beginning of this study, and it will be needed in further visitor monitoring efforts in order to determine accuracy of data gathered and reliability of the observers. However, accuracy of the direct observational technique has been reported as variable (Watson et al., 2000). According to two previous studies, visitor monitoring by direct observation can provide highly reliable results in cases of low numbers of visitors as in this study (Arnberger et al., 2005, Wolf et al., 2012). On the other hand, it has been found that error increases with the volume of visitors, speed of traffic and when numerous data are required to be collected simultaneously (Wolf et al, 2012). Furthermore, after our experience, we believe two additional factors that might have an effect on the accuracy of data collected by observers are the normal distraction that follows boredom and the changes in weather conditions. A four-hour period of continued observations was encountered to be fair according to the testimonies of the participating volunteers. Perceived changes of weather conditions by the threat of rain were observed to cause a desire to suspend the monitoring efforts by volunteers. These factors are mentioned because of their possible effects on the accuracy of the data gathering and might need to be considered in future monitoring projects. Additionally, inaccuracy is found in the subjective interpretation of observed variables such as age, nationality and ethnicity of visitors, as visitors were not directly interviewed to obtain this information.

Estimated averages of visitors per day and per month are presented with informational purposes and are not considered critical values due to the limitations of the sampling method. For instance, the five selected monitoring stations were not operated simultaneously at the same dates or at random, therefore there is an unknown and accumulated bias in average estimations related to possible effects of weather or social factors in different monitoring days that escaped the control of the method. Repeated sampling at the monitoring stations, up to eight times each one was a control applied in the method to contain the effects of unknown bias (Hollenhorst et al., 1992). With the

standardization of the protocol and multiple sampling, it is assumed that the sources of unknown bias remain constant (Hollenhorst et al., 1992). The results presented, though limited in reach, are a step forward to the postponed challenge of quantifying and characterizing the level of use in the MER.

#### Usefulness of counting

Information on visitor use patterns can be used for several management purposes, such as justifying funding needs, making management decisions, or allocating limited financial and human resources to certain areas or periods of time of major use. Although sampling was limited to some hours of the day, days of the week and locations, a general portrait of the visitor use was obtained. Some trends in visitor use patterns were also found, though they need further monitoring. A particularly interesting finding is the discovery that the spatial flow of visitors at the MER is asymmetric. For instance, the largest concentration of visitor flows (75% of users and 80.7% of visits) was recorded at the two stations closest to the neighborhoods (station 1 and 3) located in the southern part of the reserve. Trails passing through stations 1 and 3 are characterized as mainly being used as shortcuts typically by neighbors who remain in the reserve usually for short periods of time, generally between five and ten minutes. These high-use trails were also observed with noticeable problems of littering along their borders and therefore require special management attention. Another salient fact is that there were no significant differences in the total flow of visitors to the reserve on weekdays versus weekends (Table 4). This was not expected at the beginning of this work because there has been reported a mayor influx of visitors with recreational purposes in some parks on weekends (Arnberger and Brandenburg, 2002; Beunen et al., 2004). This might indicate that recreational use of the MER is low compared to the importance to the reserve as a site of passage. This information could be used by the administration of the MER for future planning and communicating purposes.

#### Alternative monitoring techniques

Over the course of several decades, various park agencies in developed countries have created other visitor monitoring techniques that have been reviewed by Cessford and Muhar (2003), Muhar et al. (2002) and Watson et al. (2000). These include voluntary self-registration at the trailheads, direct observation techniques, the use of video cameras, and mechanical or electronic counting devices, including aerial images. For each of the proven techniques, advantages and disadvantages have been found related to costs of operation, types of data, data accuracy, ease of use, and maintenance of equipment. Beyond this, the choice of a method for visitor monitoring will depend on the size of the area, the purpose of the monitoring project, the required information, the types of uses, the technical expertise, the human resources and funding available, among others. The use of technological devices

for the counting of visitors is more common in parks from developed countries with more financial resources as an option to reduce costs. In developing countries such as Mexico and others in Latin America, which often have limited financial and human resources, including different social contexts, the high costs of acquisition and maintenance of mechanical or electronic devices for monitoring can be a barrier to their use. Therefore, the direct observation technique continues to be a viable albeit time-consuming and expensive option in terms of human observers required. Additionally, mechanical or electronic devices still require calibration with direct observation techniques to determine accuracy and reliability of those technological devices. An important advantage of direct observation techniques is that they can provide data of various types that cannot be replaced by the effect of bias or failures of technological devices.

## Conclusions

Gathering of information on visitors' use is important for the MER because it can be applied to various planning and management tasks, such as making informed and more efficient use of the limited financial and human resources available, as well justifying funding needs and management decision makings based on data. The methodological approach used in this work to monitor visitors in the Moxviquil Ecological Reserve was found to be useful for the purpose of counting and characterizing the level of use. However, because of the limited sampling scheme, our results have a limited reach and further efforts for monitoring visitors will be needed for a more comprehensive understanding of level of use at MER. The preliminary inventory and mapping of trails present at the MER using a GPS device and a GIS software were fundamental steps for designing the subsequent methodology for visitor monitoring, and they are recommended as initial steps before any monitoring effort. This process allowed researchers to generate information for a comprehensive and objective understanding of the interconnected network of trails and access points, and to select nodes sites to place the monitoring stations. The use of the technique of direct observation of visitors passing through established monitoring stations was observed to be useful and quick to apply, but laborious in time and costly in the human resources required due to the fact that several people were needed to cover different monitoring stations, days and schedules. Volunteer participation made possible the monitoring efforts at this study and reduced the costs of monitoring fieldwork. Park agencies, therefore, are referred to find help in volunteer participation for future monitoring projects. The results describe for the first time a portrait of number of visitors at the MER and some of their observable characteristics, as well as show some trends of visitor use patterns. Additionally to the knowledge of the authors, this study constitutes the first attempt to quantify the level of visitor use of an open boundary protected area in the state of Chiapas. Continuing and expanding monitoring periods to different dates and times is recommended for a better understanding of the level of visitor use at the MER and its characteristics.

## Acknowledgements

To the Laboratory of Geographic Information Analysis and Statistics (LAIGE) of ECOSUR for all the support provided for the management of the GPS and GIS technology, and the edition of maps. To Idolina, Araceli, Nancy, Erika for their support during the fieldwork of counting of visitors and data capture.

## References

- Arnberger, A., & Brandenburg, Ch. (2002). Visitor structure of a heavily used conservation area: the Danube Floodplains National Park, Lower Austria. In: A. Arnberger, C. Brandenburg, A. Muhar (Eds.), *Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas Conference Proceedings* pp. 7-13. Vienna: Institute for Landscape Architecture and Landscape Management, Bodenkultur University Vienna.
- Arnberger, A., Haider, W., & Brandenburg, Ch. (2005). Evaluating visitor-monitoring techniques: a comparison of counting and video observation data. *Environmental management*, 36, 317-327.
- Beunen, R., Jaarsma, C. F., & Kramer, R. N. A. (2004). Counting of visitors in the Meijendel dunes, The Netherlands. *Journal of Coastal Conservation* 10, 109-118.
- Cole, D. N. (2006). Visitor and recreation impact monitoring: is it lost in the gulf between science and Management?. *The George Wright Forum*, 23, 11-16.
- Cessford, G., & Muhar, A. (2003). Monitoring options for visitor numbers in national parks and natural areas. *Journal of Nature Conservation*, 11, 240–250.
- Hendee, J. C., & Dawson, C. P. (2002). Wilderness Use and User Trends. In: J. C. Hendee, & C. P. Dawson (Eds.). *Wilderness Management: Stewardship and Protection of Resources and Values* pp. 373-411. Colorado: Fulcrum Publishing.
- Hollenhorst, S. J., Whisman, S. A., & Ewert, A. W. (1992). *Monitoring visitor use in backcountry and wilderness: a review of methods*. General Technical Report. PSW-GTR-134. Albany: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, United States Department of Agriculture.
- Morales, M. del C. (2007). *Redes sociales, transformaciones del espacio-ciudad: zona norte de San Cristóbal de las Casas, Chiapas*. Bachelor thesis. Autonomous University of Chiapas.

Muhar, A., Arnberger, A., & Brandenburg, Ch. (2002). Methods for Visitor Monitoring in Recreational and Protected Areas: An Overview. In: A. Arnberger, C. Brandenburg, A. Muhar (Eds.), *Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas Conference Proceedings* pp. 1-6. Vienna: Institute for Landscape Architecture and Landscape Management, Bodenkultur University Vienna.

Roggenbuck, J. W., & Lucas R. C. (1987). Wilderness use and user characteristics: a state-of-knowledge review. *Proceedings-National Wilderness Research Conference: Issues, State-of-Knowledge, Future Directions* INT4901 Publication 163. Fort Collins: Intermountain Research Station

Roovers, P., Hermy, M. & Gulinck, H. (2002). Visitor profile, perceptions and expectations in forests from a gradient of increasing urbanization in central Belgium. *Landscape and urban planning*, 59, 129-145.

Theobald, D. M., Norman, J. B., & Newman, P. (2010). Estimating visitor use of protected areas by modeling accessibility: A case study in Rocky Mountain National Park, Colorado. *Journal of Conservation Planning*, 6,1-20.

Watson, A. E., Cole, D. N., Turner, D. L., & Reynolds, P. S. (2000). *Wilderness recreation use estimation: a handbook of methods and systems*. General Technical Report RMRS-GTR-56. Ogden: Rocky Mountain Research Station, Forest Service, U.S.D.A.

Wolf, I. D., Hagenloh, G., & Croft, D. B. (2012). Visitor monitoring along roads and hiking trails: How to determine usage levels in tourist sites. *Tourism Management*, 33, 16-28.

Zar, JH 2010, Biostatistical analysis, Fifth edition, New Jersey: Pearson Education

Figure legends

Figure 1. Location of the Moxviquil Ecological Reserve (MER)

Figure 2. Network of trails at Moxviquil Ecological Reserve (MER) and location of the monitoring stations.

Figure 3. Resume of visitor and visits' characteristics observed during the counting of visitors in the Moxviquil Ecological Reserve. a) Gender, b) Ethnic group, c) Ages, d) Group size, e) Mode of travel, f) Companion animals, g) Goods transported, h) Hours of major traffic.

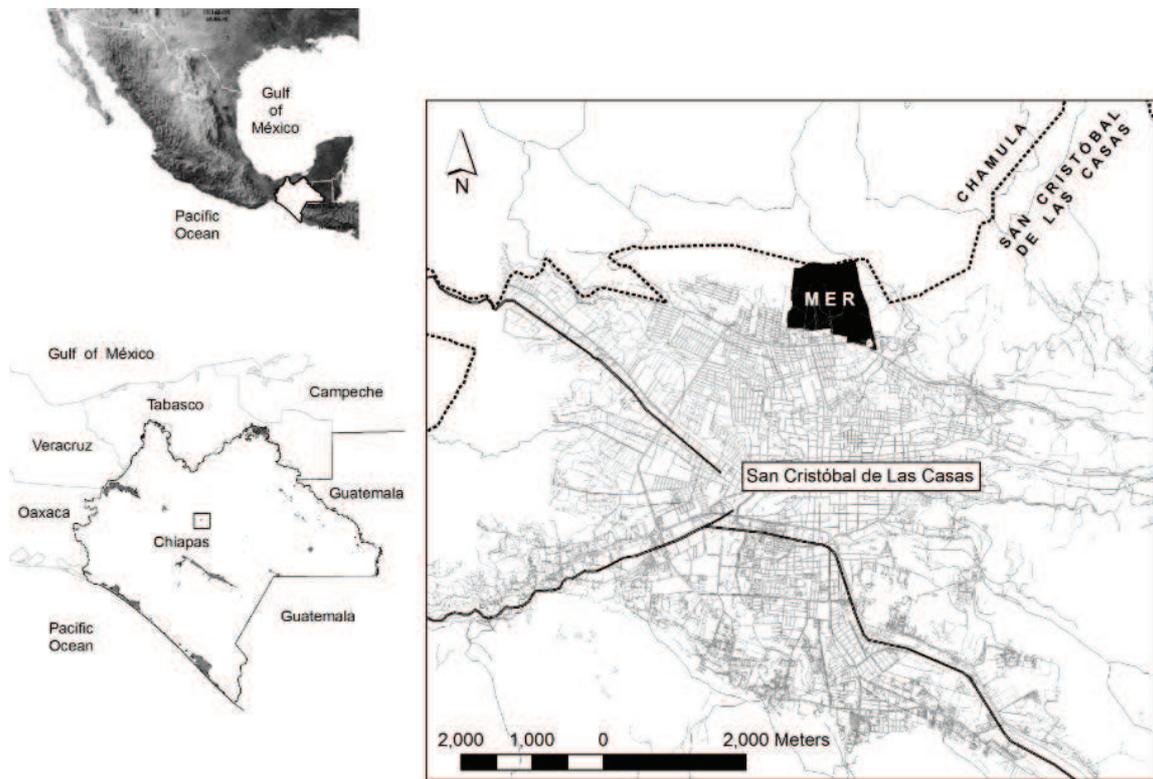


Figure 1

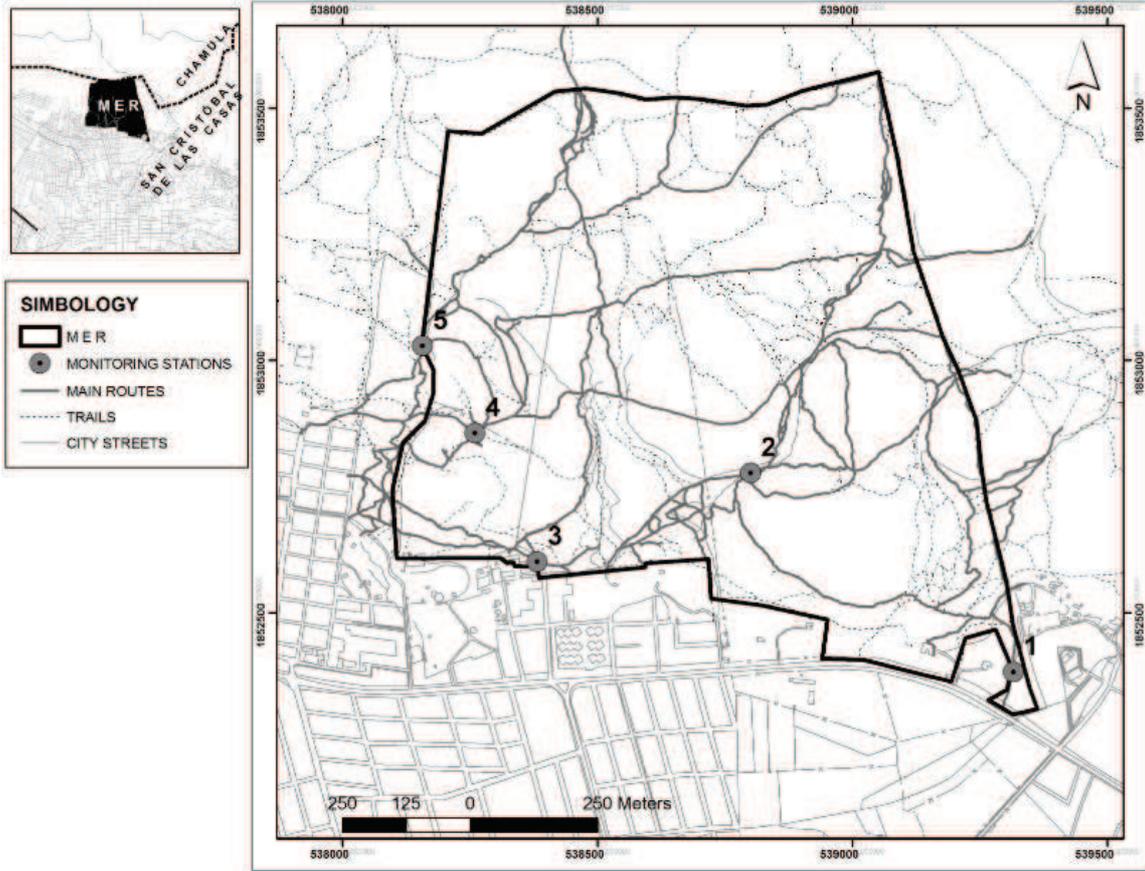


Figure 2

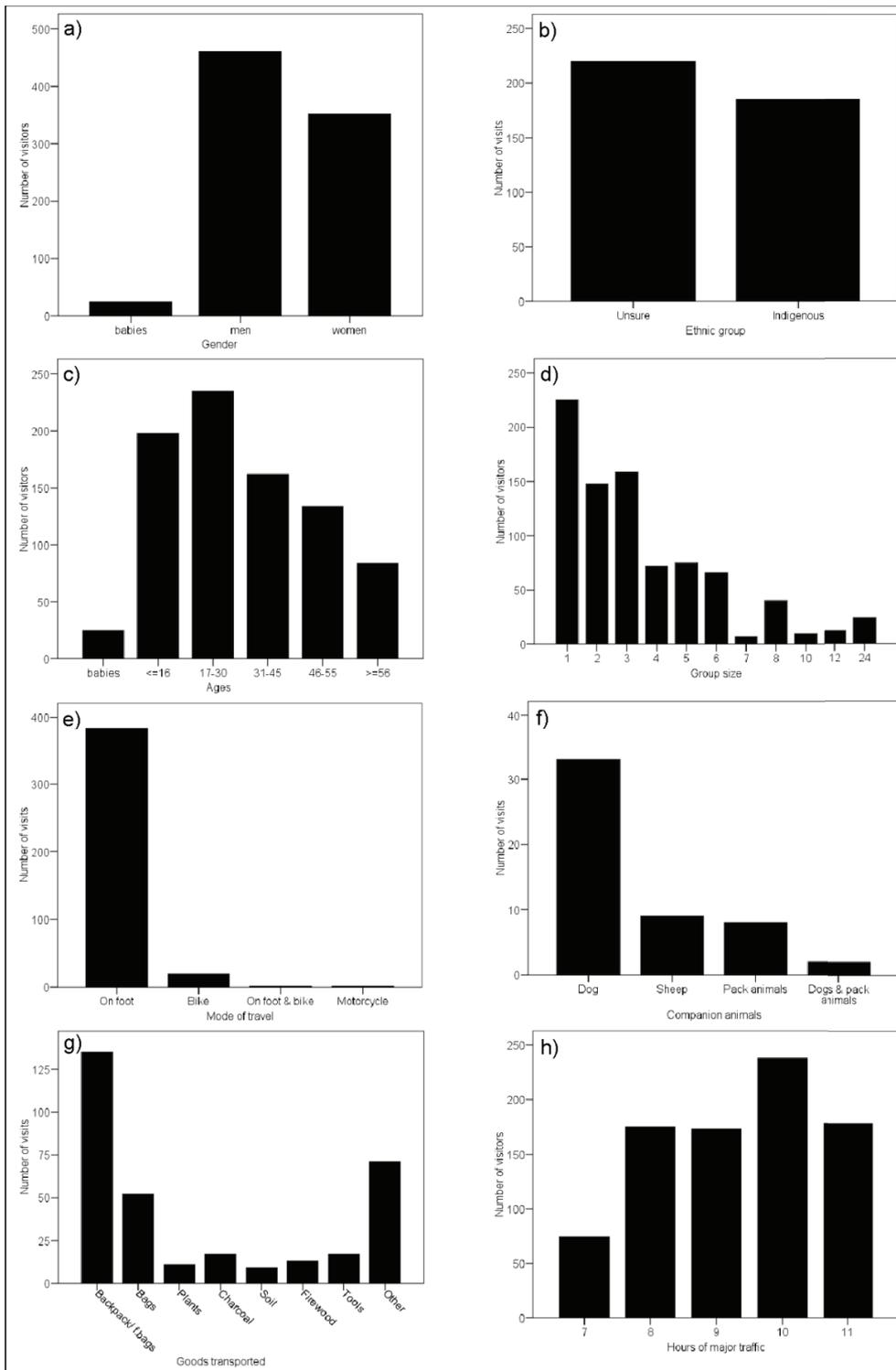


Figure 3

Table legends

Table 1. Stations and dates of visitor monitoring at Moxviquil Ecological Reserve.

Table 2. Numbers and average of visitors per monitoring station

Table 3. Average of daily visitors per monitoring station.

Table 4. Average of visitors per day of the week.

Table 1. Stations and dates of visitor monitoring at Moxviquil Ecological Reserve.

Day/						
	Month	Station	Station	Station	Station	Station
Day of the week	2008	1	2	3	4	5
Fri	04/11			X	X	X
Sat	04/12			X	X	X
Sun	04/13			X	X	X
Tue	04/15			X	X	X
Fri	04/18	X	X			
Sat	04/19		X			
Sun	04/20	X				
Mo	04/21	X	X			
Fri	04/25			X	X	X
Sat	04/26			X	X	X
Sun	04/27			X	X	X
Mon	04/28			X	X	X
Fri	05/02	X	X			
Sat	05/03	X	X			
Sun	05/04	X	X			
Mon	05/05	X	X			
Sun	05/11	X	X			

Table 2. Numbers and average of visitors per monitoring station

Station	Number of visits	Number of visitors	Min. group size	Max. group size	Min.	Max.	Average of	%	%
					of visitors /day	of visitors /day	visitors /day ± S.D. (total of days)		
1	195	358	1	10	29	66	44.8 ± 11.0 (8)	48.1	42.7
2	20	62	1	24	1	29	7.8 ± 9.1 (8)	4.9	7.4
3	132	270	1	12	13	50	33.8 ± 11.5 (8)	32.6	32.2
4	31	61	1	6	1	11	7.6 ± 3.1 (8)	7.6	7.3
5	27	87	1	8	0	22	10.9 ± 8.3 (8)	6.7	10.4
Total	405	838			44	178	104.8	100	100

Table 3. Average of daily visitors per monitoring station.

	Friday	Saturday	Sunday	Monday-Tuesday	Average visitors/ day
Station 1	49.5 ± 23.3 (2)	44.8 <sup>1</sup> ± 11.0(8)	46.3 <sup>2</sup> ± 0.6 (3)	36.5 ± 10.6 (2)	44.3
Station 2	3.5 ± 3.5 (2)	3.5 ± 3.5 (2)	8.0 ± 2.8 (2)	16.0 ± 18.4 (2)	7.8
Station 3	30.5 ± 4.9 (2)	40.5 ± 13.4 (2)	34.0 ± 2.8 (2)	30.0 ± 24.0 (2)	33.8
Station 4	9.0 ± 2.8 (2)	8.5 ± 0.7 (2)	9.5 ± 0.7 (2)	3.5 ± 3.5 (2)	7.6
Station 5	20.0 ± 2.8 (2)	11.5 ± 9.2 (2)	6.5 ± 9.2 (2)	5.5 ± 6.4 (2)	10.9
Total	112.5	108.8	104.3	91.5	104.3 <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Because the station was monitored once in that day of the week, a substitute average of visitors was calculated for this table. Average was calculated from the eight times the station was monitored. <sup>2</sup> Average from three days <sup>3</sup> Total average slightly lower due to the substitute average in station 1

Table 4. Average of visitors per day of the week.

	Weekdays	Weekend	Average
Station 1	43.0 ± 16.6	46.5 ± 0.6	44.8
Station 2	9.8 ± 13.0	5.8 ± 3.7	7.8
Station 3	30.3 ± 14.2	37.3 ± 8.8	33.8
Station 4	6.3 ± 4.1	9.0 ± 0.8	7.6
Station 5	12.8 ± 9.3	9.0 ± 8.0	10.9
Total	102.0	107.5	104.8