



**UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
MEXICO**



FACULTAD DE GEOGRAFIA

**ANÁLISIS DE LOS FACTORES CAUSALES DE LA
EROSIÓN HÍDRICA, Y SU APLICACIÓN PARA EL
DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE RECUPERACIÓN
DE SUELOS EN LA RESERVA DEL PARQUE NATURAL
SIERRA NANCHITITLA.**

TESIS

**PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADA EN GEOGRAFIA**

PRESENTA

JUDITH DURAN VAZQUEZ



**ESTACIÓN BIOLÓGICA
SIERRA NANCHITITLA**

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. MIGUEL ANGEL BALDERAS PLATA

MARZO 2014

DEDICATORIAS

Agradezco a DIOS por darme la oportunidad y la fuerza necesaria orientándome a seguir día a día para terminar esta etapa de mi vida a pesar de todos los obstáculos, conociendo personas que jamás olvidare dejando huella en este trabajo.

A mi gran tesoro mi hijo Jonathan, que me hace conocerme a mí misma y aprender a madurar para adquirir día con día experiencia que sin él no conseguiría, ¡hijo precioso, pasaría nuevamente todas las luchas y pruebas solo para tenerte a mi lado! TE AMO MIAMOR.

A mi Madre a quien le dedico esta tesis ya que siempre creyó en mí, siendo un pilar en el desarrollo de esta etapa, por todo su apoyo y comprensión gracias por estar conmigo sin condición alguna, corrigiéndome cuando me equivoco y ser un gran ejemplo para mí.. A mi Padre por su apoyo gracias.

A mi gran amiga Diana Molina por estar en los momentos más difíciles de mi vida a mi lado, por tu comprensión y enseñanza de que la vida sigue siempre con una gran sonrisa al futuro gracias por tu amistad y apoyo incondicional te quiero.

A Chuy por tu amistad, por tus consejos y seguir siendo mi amiga gracias.

Al Amor de mi vida José Luis Becerril que ha estado conmigo apoyándome a pesar de la distancia, eso no importa cuando los corazones están juntos y enseñarme que vale la pena luchar por lo que uno quiere a pesar de todo, por tu amor infinito gracias TE AMO MIAMOR siempre estaré contigo y con nuestros hijos nunca lo olvides por siempre.

***EL MISTERIO DE LA EXISTENCIA HUMANA NO CONSISTE EN ESTAR VIVO
SI NO ENCONTRAR ALGUIEN POR QUIEN VIVIR.***

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Estado de México, por medio de la Facultad de Geografía, por la formación académica la cual se relaciona de manera directa con el trabajo de investigación.

Agradezco al Dr. Miguel Ángel Balderas Plata que además de ser un gran maestro es un amigo siendo el director de esta Tesis, ya que sin su valiosa ayuda, apoyo incondicional y comprensión este trabajo no existiría, gracias por todos sus consejos, observaciones y experiencias vividas en el desarrollo de este trabajo.

A la Mtra. Georgina Sierra Domínguez por sus valiosos comentarios para el mejoramiento de esta Tesis, así como todos los conocimientos impartidos durante el desarrollo de la carrera y adquirir experiencia en cada practica desarrollada en campo.

A la Dra. Xanat Antonio Némiga por sus observaciones y aportes realizados en el desarrollo de este trabajo para mejoramiento del mismo.

“INFINITAMENTE GRACIAS”

RESUMEN

Desde hace algún tiempo, las personas vienen maltratando de varias maneras el planeta donde vivimos de manera irreversible y así mismo en la actualidad el espacio geográfico ha sufrido un sin fin de diversos fenómenos los cuales han provocado alteraciones a diversos ecosistemas. Aunque en algunas regiones del mundo el suelo es el principal recurso natural dañado por el hombre sin tomar medidas que preserven este recurso.

Uno de los principales recursos donde se refleja la alteración de los ecosistemas es el recurso suelo, el cual es sustento de vida vegetal y animal, uno de los principales problemas que afecta a este recurso es el fenómeno de la erosión el cual degrada las propiedades físicas y químicas que integran al suelo.

La explotación intensiva de los diversos recursos naturales los expone a su deterioro, hasta ocasionar su agotamiento. Ante esta situación se han designado áreas para la protección o conservación de los recursos naturales: sitios elegidos por contar con una diversidad natural y una alta calidad de sus recursos. Sin embargo, ni las Áreas Naturales Protegidas se salvan de que las actividades humanas causen el desgaste de sus recursos, incluido el suelo.

Por tal razón, el objetivo de esta investigación fue identificar diversos procesos de erosión en suelos dentro de la Reserva del Parque Natural Sierra de Nanchititla. Los recorridos realizados en campo permitieron conocer de manera directa el problema de erosión, determinando con la presencia de cárcavas en el terreno lo cual nos indica un grado avanzado de erosión, por lo general estas se inician después de que una gran parte del suelo superficial ha sido arrastrado a causa del escurrimiento de las precipitaciones. En esta zona se localizaron e identificaron los principales factores causales de la erosión hídrica, así mismo generar una propuesta de restauración de suelos que incluye las medidas de mitigación más óptimas para el control de cárcavas y conservación de suelos en base al Enfoque del Marco Lógico.

La propuesta para la recuperación, así como las alternativas y actividades en la elaboración de la matriz de planificación formaran parte de una cultura ambiental y ecológica de la sociedad. Ya que la diversidad de técnicas de restauración servirá para fomentar acciones que sirvan a la conservación de los recursos y obtener una adecuada planificación de acuerdo a las condiciones reales del espacio geográfico.

INDICE GENERAL

<i>DEDICATORIAS</i>		<i>I</i>
<i>AGRADECIMIENTOS</i>		<i>II</i>
<i>RESUMEN</i>		<i>III</i>
<i>INDICE GENERAL</i>		<i>IV</i>
<i>INDICE DE CUADROS</i>		<i>VI</i>
<i>INDICE DE FIGURAS</i>		<i>VII</i>
<i>INTRODUCCION</i>		<i>1</i>
<i>ANTECEDENTES</i>		<i>3</i>
<i>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</i>		<i>9</i>
<i>JUSTIFICACIÓN</i>		<i>10</i>
<i>OBJETIVO GENERAL Y PARTICULARES</i>		<i>11</i>
<i>CAPITULO I "MARCO TEORICO"</i>		
1.1 Método Geográfico	12	
1.2 Concepto de Suelo	12	
1.3 Erosión Geológica		14
1.3.1 Erosión Inducida		14
1.4 Concepto de Erosión		15
1.5 Causas y efectos de la erosión		15
1.5.1 Factores que determinan la erosión		16
1.6 Erosión Hídrica		16
1.6.1 Tipos y Formas de Erosión Hídrica		17
1.6.2 Erosión eólica		18
1.6.3 Formación de cárcavas		18
1.6.4 Tipos de cárcavas		19
1.6.5 Agentes de la Erosión		20

1.7 Restauración y Conservación de Suelos	20
1.7.1 Técnicas o métodos de restauración y conservación de suelos erosionados	21
1.8 Que es una ANP	24
1.8.1 Propósito y funciones del PNSN como ANP	25
1.9 Enfoque del Marco Lógico	26
1.9.1 Características del Enfoque del Marco Lógico	27
1.9.3 Marco Legal	29
 <i>CAPITULO II “AREA DE ESTUDIO”</i>	
2.1 Características generales de la Reserva	31
2.2 Medio Físico	33
2.2.1 Geología	33
2.2.2 Edafología	34
2.2.3 Hidrología	37
2.2.4 Geomorfología	39
2.2.5 Clima	41
2.2.6 Medio Biológico	42
2.2.7 Uso de Suelo	44
2.3 Aspecto Ambiental	45
2.4 Aspectos Demográficos	47
 <i>CAPITULO III “MATERIALES Y METODOS”</i>	
3.1 Metodología para la determinación de Erosión Hídrica en la Reserva	49
 <i>CAPITULO IV “RESULTADOS”</i>	
4.1 Análisis de los factores causales de la erosión hídrica	63

CAPÍTULO V “DISEÑO DE LA PROPUESTA DE RESTAURACIÓN DE SUELOS”

5.1 Fase de identificación	74
5.2 Árbol de Problemas	75
5.3 Árbol de Objetivos	76
5.4 Análisis de Participación	77
5.5 Análisis de alternativas cualitativas	81
5.6 Análisis de alternativas cuantitativas	84
5.8 Matriz de Planeación de Proyectos	85
VI. DISCUSIÓN GENERAL	89
VII. CONCLUSIONES	91
VIII. RECOMENDACIONES	92
IX. BIBLIOGRAFIA	93
X. ANEXOS	97

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1 Superficie afectada por tipos de degradación	6
CUADRO 2 Climas existentes en el PNSN	41
CUADRO 3 Uso de Suelo en la Reserva	44
CUADRO 4 Cálculo de erosión en la Reserva	61
CUADRO 5 Parámetros para el cálculo del índice de erosión laminar por UA	62
CUADRO 6 Análisis cualitativo de alternativas	81
CUADRO 7 Análisis Cuantitativo de Alternativas	84
CUADRO 8 Indicadores, fuentes y supuestos, por Objetivo General	86

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA No 1 Composición en volumen de un suelo superficial, de una tierra franco – limosa en buenas condiciones para el crecimiento vegetal	14
FIGURA No 2 Formación de una cárcava	19
FIGURA No 3 Mapa de localización del PNSN y la Reserva	32
FIGURA No 4 Mapa Edafológico de la Reserva	36
FIGURA No 5 Mapa Topográfico de la Reserva	38
FIGURA No 6 Mapa de Geoformas de la Reserva	40
FIGURA No 7 Mapa de Climas de la Reserva	43
FIGURA No 8 Mapa de Uso de Suelo de la Reserva	46
FIGURA No 9 Mapa de Erosión en la Reserva por Unidad Ambiental	73
FIGURA No 10 Cárcava 1, Trabajo de Campo 2010	65
FIGURA No 11 Cárcava 2, Trabajo de Campo 2010	66
FIGURA No 12 Cárcava 3, Trabajo de Campo 2010	67
FIGURA No 13 Cárcava 4, Trabajo de Campo 2010	68
FIGURA No 14 Cárcava 5, Trabajo de Campo 2010	69
FIGURA No 15 Cárcava 6, Trabajo de Campo 2010	70
FIGURA No 16 Cárcava 7, Trabajo de Campo 2010	71
FIGURA No 17 Cárcava 8, Trabajo de Campo 2010	72
DIAGRAMA 1 Elementos de la Estructura de la matriz de planificación y diseño	54

INTRODUCCIÓN

La Geografía, como ciencia holística e integral, se encarga de estudiar la organización espacial de los fenómenos que forman parte de nuestro entorno; es así como surge el estudio de relaciones entre el espacio natural y las diversas actividades desarrolladas por el hombre, así como los problemas que propicia. La Geografía al ser descriptiva y analítica desarrolla un papel muy importante al entender, analizar, planear u ordenar el espacio geográfico buscando mantener un mejor equilibrio entre los diversos ecosistemas.

La degradación de suelos consiste en el deterioro de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, que como consecuencia modifican su calidad y aptitud productiva. Este deterioro ocasiona que el suelo no sea útil para la producción, constituyéndose en una de las principales modificaciones al paisaje.

Los procesos de degradación del suelo son muy variados, pueden ser resultado de procesos naturales y antropogénicos que actúan como catalizadores. Los más importantes son: la erosión por el viento o por el agua, el deterioro químico y el deterioro físico. La erosión hídrica transforma muy lentamente, pero en forma continua la corteza terrestre. La rapidez con la que se presenta este fenómeno depende de las características geológicas, edafológicas, hidrológicas y climáticas de cada región. El hombre contribuye a acelerar el proceso cambiando las condiciones naturales del territorio, ignorando la función de los recursos naturales dentro de los ecosistemas. Debido a que resulta difícil y costoso recuperar el suelo una vez que sus propiedades y cualidades originales han sido alteradas; se le debe considerar un recurso natural no renovable.

Estudiar los fenómenos erosivos es una tarea fundamental de la geografía, ya que la representación y análisis espacial del fenómeno; así como su correlación con mapas de información sobre hidrología, edafología, relieve, vegetación y uso de suelo permiten una mejor perspectiva del problema, para abordarlo integralmente.

Este problema ha despertado interés de varias organizaciones a escala global quienes proponen programas para evaluar la degradación del suelo provocada por el hombre, llevándola a escalas y niveles más detallados, particularmente en un ámbito nacional o en regiones Mexicanas. El estudio del comportamiento de la erosión hídrica puede permitir implementar las técnicas más apropiadas para la corrección del proceso.

El Parque Natural Sierra Nanchititla (PNSN) es un Área en el Municipio de Luvianos en el Estado de México. Dentro de sus límites se encuentra un área cercada con malla ciclónica denominada la “Reserva” la cual se encuentra administrada por el Gobierno del estado de México.

A pesar de que por decreto está protegida, presenta una fuerte problemática ambiental y social. La presencia de dos comunidades (Palos prietos y Parota del Salto) genera un efecto significativo en el ecosistema, ya que por el alto grado de pobreza de la zona, sus habitantes dependen casi por completo de la explotación de los recursos naturales.

Ello genera diversos problemas de degradación en la reserva, tales como la erosión del suelo, la deforestación y los incendios, entre otros.

Por esta razón se trata de mejorar las condiciones de los suelos dentro de la Reserva, pues estos se encuentran en degradación por erosión hídrica. Esta situación evidencia la necesidad de llevar a cabo la identificación de áreas degradadas por erosión hídrica y sus factores causales.

La implementación de una propuesta de recuperación y conservación de suelos, considera a la erosión, como un proceso tan complejo que varía tanto en el tiempo como en el espacio, existen diferencias en cuanto al grado y tipo de erosión en la zona.

En el primer capítulo se presenta el Marco Teórico Conceptual, donde se respaldan todos los fundamentos teóricos de los diversos autores e instituciones especializadas en el ámbito de erosión hídrica, degradación, formación y tipos de cárcavas, indicadores de erosión hídrica a nivel de campo, así como la relación entre los factores y los diversos grados de erosión presentes en la Reserva.

En el segundo capítulo se describen las características físico geográficas, incluyendo la topografía, geología, edafología, hidrología, geomorfología, climatología y uso de suelo; así mismo se detallan los aspectos demográficos del área de estudio para caracterizar las principales causas de erosión hídrica.

En el tercer capítulo se presenta el método empleado en esta investigación, mismo que combina la metodología propuesta por la SEDESOL para la obtención del Índice de Erosión Laminar y la denominada ASSOD propuesta por Oldeman y finalmente, también considera los indicadores a nivel de campo sugeridos en el Manual de Conservación de Suelos y Aguas de Casanova (2008).

En el cuarto capítulo se muestran los resultados y el grado de erosión para cada una de las Unidades Ambientales, se identifican los sitios con presencia de erosión hídrica, se clasifican los niveles de degradación basados en pérdidas anuales, mismos que se verificaron en campo para la realización del mapa final.

En el quinto y último capítulo se hace uso del Enfoque del Marco Lógico para identificar las alternativas más óptimas, basándose en el nivel de degradación detectado en cada uno de los puntos así como en las condiciones de la región.

ANTECEDENTES

Los asentamientos humanos, la explotación de zonas agrícolas, el sobrepastoreo en zonas ganaderas y la explotación forestal, han causado procesos erosivos en el suelo. Este es uno de los problemas ambientales más relevantes que están afectando a la mayoría de los países de América Latina. Se han desarrollado diversos estudios enfocados a estimar la pérdida del suelo, así como sus causas. La erosión del suelo es un fenómeno natural que ha sucedido durante milenios como parte de los procesos geológicos y cambios climáticos. Sin embargo desde mediados del siglo pasado se le considera mucho más grave. La degradación de magnitud media a grave, afecta a casi 2 000 millones de hectáreas de tierra arable y pastoreo en el mundo, superficie mayor que conjuntamente representan Estados Unidos y México (Loftaf, 1995). La cantidad estimada de suelo superficial arrastrado por agua y viento hasta ríos, lagos o mares cada año, podría llenar un tren de carga lo bastante largo como para dar la vuelta al planeta 150 veces (Miller, 1994). Los principales factores erosivos han sido el agua y el viento. Más del 55 % de este deterioro se debe a la erosión hídrica y un 33% a la erosión eólica (Loftaf, 1995). Oldeman y Hakkeling (1990) citan la evaluación mundial de la degradación antropógena de los suelos (GLASOD), en la que demostraron que el 15 por ciento de la superficie total de las tierras en todo el mundo ha sufrido daños (en un 13 por ciento de los casos ligeros y moderados, y en un 2 por ciento graves y muy graves), debidos sobre todo a la erosión, la disminución de los nutrientes, la salinización y la compactación física. Por su parte Loftaf (1995), considera que a nivel mundial las principales causas de degradación de suelo son: 34.5% sobrepastoreo, 29.5% deforestación, 35% mal aprovechamiento de la tierra arable y 1% otros. En el reporte más reciente hecho por la FAO en 2008, se recoge la información de los últimos 20 años sobre el aumento de la degradación del suelo y se menciona que “la degradación del suelo está aumentado en muchas partes del mundo”, donde más del 20% de las tierras agrícolas están afectadas, el 30% de los bosques y el 10% en pastizales.

Los efectos de la erosión son cuantiosos, al ser arrastrado la mayor parte del suelo estropeando los hábitats acuáticos obstruyendo ríos y arroyos. En embalses usados para la generación de electricidad, estos pueden quedar azolvados, lo que disminuye la vida útil de los recursos hidroeléctricos. Suben el nivel del agua de los ríos, aumentando las posibilidades de inundación (Loftaf, 1995).

Miller (1994) considera que la tasa de pérdida de suelo mundial es de un 7% de la extensión superficial de tierra de cultivo por decenio. Como consecuencia, la erosión del suelo y otros tipos de degradación de tierras despojan al mundo de entre 5 y 7 millones de hectáreas de tierra de labranza.

En algunos países, más de la mitad de su tierra se encuentra afectada por la erosión del suelo. Entre esos: Nepal (95%), Perú (95%), Turquía (95%), Lesoto (88%), Madagascar (79%) y Etiopía (53%). En África la erosión edáfica ha aumentado 20 veces en las tres últimas décadas. En América del Norte y central, de un total de 150 millones de hectáreas, se considera que 106 millones de hectáreas están sujetas a erosión hídrica, 39 a erosión eólica, 7 a degradación por productos químicos y 6 a degradación por agentes físicos (Loftaf, 1995).

Esto ha ocasionado que el suelo superficial se esté erosionando con mayor rapidez que con la que se forma.

Aunque existen suelos gravemente degradados en casi todas las regiones del mundo, los efectos negativos de un suelo degradado sobre la economía son más severos en los países que más dependen de la agricultura para obtener ingresos (Oldeman y Hakkeling, 1990). Cabe destacar que 1 500 millones de personas (un cuarto de la población mundial) dependen directamente de los suelos sujetos a degradación (OEI, 2008).

En los países en desarrollo, la erosión del suelo está estrechamente ligada a la pobreza, tanto personal como nacional. Los campesinos pobres que no tienen a quien recurrir, se ven obligados a pensar primero en sus prioridades antes que en las condiciones de la tierra. Con frecuencia los gobiernos no proveen del suficiente apoyo a la población del medio rural, ya sea por la presión de la deuda externa, la inestabilidad de los precios de los productos básicos y las necesidades de la población, o por medidas nacionales que van en depreciación de la agricultura (Loftaf, 1995). La situación es cada vez peor, agricultores cultivan áreas poco apropiadas para la agricultura para su propio sustento y para la creciente población mundial (Miller, 1994).

Contener el avance de la erosión y regenerar las tierras erosionadas es factible. Según Loftaf (1995) los principales métodos para controlar la erosión son dos: el biológico y el físico. El primero implica adaptar los cultivos al suelo y el sistema de cultivo al terreno; el segundo, incluye la construcción de terrazas y represas, la prevención de la formación de barrancas (por ejemplo plantando árboles), y la ordenación general de las cuencas hidrográficas.

Si bien, muchos de los avances en el mejoramiento de suelos y tierras agrícolas están asociados con el riego, también se han observado estos avances en tierras agrícolas de temporal y los pastizales en grandes praderas del mundo, en zonas de plantaciones de bosque donde se han hecho notar por el incremento de la cubierta forestal y de proyectos de bonificación de tierras (FAO, 2008). Estas acciones han sido aplicadas debido a la renovación de la vegetación para reducir el avance de la erosión, fijando el suelo y protegiéndolo del desgaste del viento y la lluvia (Loftaf, 1995).

La implementación de las diversas técnicas de conservación ha sido ampliamente usada mundialmente desde hace ya varias décadas. Por ejemplo, en Estados Unidos, a los agricultores que habían perdido millones de hectáreas de cultivo por erosión eólica en los años treinta se les enseñó el cultivo en fajas, arar a menos profundidad y a sembrar árboles, hierbas o setos vivos en el perímetro de los campos. Se introdujo la rotación de cultivos, lo que permitió recuperar los nutrientes. Otro caso es el que se dio en 1979, donde el gobierno Chino, con el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la FAO, apoyaron a la Provincia de Mizhi (considerada la más erosionada del mundo) para mejorar las condiciones del suelo ante el problema de erosión; mediante la implementación de diversas técnicas de conservación de suelos, se logró un aumento de 70% en la producción total de alimentos. Casos similares de erosión desde los años 70 se han presentado en Marruecos y otros casos en Keita en el Níger, donde se ha logrado la recuperación (Loftaf, 1995).

La degradación del suelo continúa siendo un asunto prioritario que requiere atención renovada por parte de los individuos, las comunidades y los gobiernos (FAO, 2008). Por tanto, la conservación o rehabilitación de tierras constituyen una parte esencial del desarrollo agrícola sostenible (Oldeman y Hakkeling, 1990).

Debido a la preocupación sobre la degradación del suelo tanto a nivel mundial como nacional han surgido metodologías que permiten evaluar de manera cuantitativa y cualitativa los procesos de degradación del suelo. Por ello el Programa de las Naciones Unidas del Medio Ambiente (PNUMA), encomendó al Centro Internacional de Información y Referencia de Suelos (ISRIC) de Holanda, coordinar un programa mundial para producir una evaluación global científicamente de la degradación del suelo provocada por el hombre en el menor tiempo (SEMARNAT-CP, 2002). Con la colaboración de más de 200 científicos de suelos, en 1990 se publicó el Mapa Mundial sobre la Degradación del Suelo Inducida por el Hombre, que por sus siglas en inglés fue conocida como GLASOD (Global Assessment of Soil Degradation).

Los procesos erosivos constituyen un impacto negativo, como resultado de una degradación progresiva del recurso suelo, caracterizándose por ser lentos en relación con la velocidad de formación del suelo, ya que se consideran relativamente rápidas e intermitentes, porque van asociados a la existencia de lluvias o vientos (Morgan, 1980).

En el caso de México, por iniciativa del Gobierno Federal se ha tratado de conocer la problemática de sus suelos. El país cuenta con una evaluación a escala 1:1,000,000 bajo la responsabilidad de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2000).

Los procesos erosivos constituyen un impacto negativo, como resultado de una degradación progresiva del recurso suelo, caracterizándose por ser lentos en relación con la velocidad de formación del suelo, ya que se consideran relativamente rápidas e intermitentes, porque van asociados a la existencia de lluvias o vientos (Morgan, 1980).

En el caso de México, por iniciativa del Gobierno Federal se ha tratado de conocer la problemática de sus suelos. El país cuenta con una evaluación a escala 1:1,000,000 bajo la responsabilidad de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2000).

Las estadísticas obtenidas por Semarnat (1999) respecto a la degradación en el territorio nacional se muestran en el (Cuadro 1).

Cuadro 1 .Superficie afectada por tipos de degradación.

Tipos de degradación	Subtipo de degradación	Superficie afectada Km ²
Erosión hídrica		724,651.44
	Pérdida de la capa superficial	495,668.85
	Deformación del terreno	227,760.40
	Sedimentaciones	1,222.19
Erosión eólica		291,711.40
	Pérdida de la capa superficial	285,856.25
Degradación química	Deforestación del terreno	5,855.15
		132,549.50
	Pérdida de nutrientes	31,171.98
	Gleyzación	12,989.26
	Salinidad	62,421.15
Degradación física	Contaminación	25,967.18
		34,877.66
	Urbanización	7,469.16
	Acidificación	10,789.66
	Compostaje	5,473.20
Degradación biológica	Inundaciones	11,145.69
		70,817.45
	Total	1,254,607.45

Nota: La superficie total afectada representa el 64% de la superficie continental del país, estimado en 1,959,254 km² Fuente: SEMARNAT (1999).

La erosión hídrica, en México provoca la pérdida de un total de 365 millones ton/año de suelo productivo, de los cuales 113 millones ton ,se quedan en los cuerpos de agua y 252 millones ton descargan al mar. La erosión del suelo representa un alto costo para la riqueza del país y su control se vuelve un gran reto a resolver (Porta y Acevedo 2008).

Es importante destacar que, debido a las condiciones geográficas del país de, latitud, altitud, y continentalidad, sus suelos resultan más susceptibles a procesos erosivos. El relieve es accidentado en las múltiples serranías, 60% del territorio presenta condiciones de pendientes de más de 10 grados y el 28% superior a los 25 grados.

Esto en conjunto ha propiciado que el relieve mexicano sea uno de los más afectados del mundo por la erosión (Velázquez y Orozco, 1989; Mass y García, 1990).

De los estudios más recientes que evalúan el proceso de degradación por erosión hídrica en la República Mexicana está el realizado por UACH-SEMARNAT (2002). Este tiene representación a escala 1: 1 000 000. En él se hizo uso de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (EUPS), misma que se implementó por el método cartográfico que incluyó reconocimiento en campo y apoyo de datos cuantitativos. El resultado confirmó el 42 % del territorio nacional se encuentra afectado en algún nivel por la erosión hídrica.

Por su parte la SEMARNAT y el CP (2001-2002) evaluaron la degradación del suelo causada por el hombre en la república Mexicana concluyendo que globalmente, es menor que la reportada en otros trabajos. Para hacerlo se hizo uso de tecnologías y escala de representación (1:250,000). Esto permitió tener una mayor precisión sobre la ubicación y extensión de los procesos estudiados.

Como resultado se considera que los suelos degradados por el hombre cubren el 45% siendo la degradación química la más abundante (18%), seguida por la erosión hídrica (12%), la eólica (9%) y física (6%). Se estimó, que en promedio los estados presentan un 48% de su superficie degradada y son 18 los que se ubican por encima de la media.

Entre los estados más afectados se encuentran Tlaxcala, Yucatán y Tabasco cuyos porcentajes superan el 70% de su superficie. El Estado de México, se ubica en la novena posición y se estima tiene un 61.29% de su superficie afectada.

Con base en el estudio edafológico realizado en 1989, en el estado de México se pudo estimar una erosión de 247,000 hectáreas. Esta superficie afectada se localizaba un 44% dentro de las zonas de bosque y el 56% fuera de estas. Mientras en el Diagnóstico Ambiental del Estado de México realizado en el 2000, se calcula como resultado de los cambios de uso de suelo, el 95% del territorio estatal se encontraba con problemas de erosión, ocasionada por la tala inmoderada de los bosques con el fin de crear nuevas áreas de cultivo, el incremento de los asentamientos humanos, el trazo de vías de comunicación y la práctica de la ganadería (GEM, 2000).

El Diagnóstico Ambiental del Estado de México 2000, reporta que los municipios del Estado de México con mayor superficie afectada por el proceso de erosión son: Texcoco (7,026 ha), Almoloya de Juárez (4,075 ha), Aculco (2,266 ha), Toluca (2,019 ha), Atlautla (1,907 ha), Ixtlahuaca (1,481 ha) y Temascalcingo (1,295 ha).

En el municipio de Luvianos las causas de degradación que conducen a la erosión están determinados por incendios forestales inducidos, tala clandestina, eliminación de la cubierta vegetal para abrir campos de cultivo y ganado, la contaminación de arroyos y ríos por las descargas de aguas residuales y verter en ellos desechos domésticos, así como el manejo inadecuado de fertilizantes y pesticidas, que en su conjunto conducen a la degradación del suelo, representada principalmente a través de procesos erosivos (Jasso ,2008).

En la zona de la Reserva se ha identificado mayor evidencia de la pérdida de la capa superficial y la deformación del terreno en áreas vulnerables, que han sido desprovistas de vegetación acelerando la erosión hídrica, aunque en este trabajo se utilizaron algunos métodos cartográficos para representar las zonas con mayor susceptibilidad a la erosión a nivel de campo (Stocking y Murnaghan, 2000).

En este estudio se agrupan Geografía y Edafología ya que algunos de los principios de la investigación científica, tales como observación, descripción, medición, interpretación, análisis, y síntesis son utilizados en el desarrollo de este trabajo, para determinar los factores causales que conducen al deterioro de las propiedades físicas y químicas del suelo (Ortega, 2000).

Con el fin de realizar un trabajo integral dentro de la reserva se tomaron en cuenta cada uno de los factores físico-geográficos existentes dentro de ella, así como el Enfoque del Marco Lógico para integrar los criterios del diseño de la propuesta para la restauración de suelos; respetando tanto componentes físicos, biológicos, como culturales del espacio geográfico.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la Reserva del Parque Sierra de Nanchititla se ha detectado la presencia de algunos factores que causan el deterioro de los recursos naturales, tales como: erosión en diversos grados, deforestación, contaminación de agua, azolve de cuerpos acuíferos, desaparición de flora y fauna; pobreza extrema entre la población y falta de empleo.

La utilización inadecuada de técnicas agrícolas y el desmonte sobre áreas de la reserva han provocado reducción de fertilidad sobre el suelo y la erosión de los mismos. El pastoreo abierto o rotativo practicado por la población aledaña a la reserva, es una de las principales actividades económicas seguida en segundo plano la agricultura. A partir de estas se ha dado paso a la degradación del suelo en forma de cárcavas. Las cárcavas propician el deterioro de sus propiedades actuando de una forma un poco indirecta en la población al ir cada día perdiendo sus tierras fértiles hasta convertirse en tierras abandonadas.

Al ser la reserva un área en donde se llevan a cabo diversas actividades que han sido áreas con nuevas aperturas de pastizal y paso al ganado, se incrementa la erosión hídrica provocando degradación del suelo. A su vez, ésta causa una mayor degradación física, generando varios procesos tales como: encostramiento, la reducción de la permeabilidad, la compactación, la cementación y la degradación de la estructura del suelo, causando alarmante pérdida de suelo fértil y productivo.

JUSTIFICACIÓN

Las ANP contribuyen a preservar la función en los ecosistemas, por lo que deben ser cuidadas y preservadas. El diagnóstico oportuno de los procesos de degradación, como son los procesos erosivos del suelo, permite generar propuestas y acciones encaminadas a prevenirlos o revertirlos. La Reserva del Parque Natural Sierra de Nanchititla es uno de los lugares de mayor importancia en el Estado de México, sobre el cual ya son visibles áreas degradadas. Por ello es necesario reconocer los procesos erosivos y generar una propuesta de restauración de suelos, con la cual las autoridades de la reserva del parque tengan los elementos necesarios para desarrollar un manejo adecuado de éste (Castro, 2008).

La generación de información para la elaboración de una propuesta de conservación del recurso suelo, puede contribuir a que la sociedad conserve, mantenga y aproveche de manera adecuada los recursos que el Parque Natural Sierra de Nanchititla les provee. De ahí la utilidad de realizar una propuesta para la recuperación del suelo basada en el diagnóstico de la degradación y erosión, que además contempla acciones para la conservación del área, y la participación de la población en su elaboración para encaminar acciones para el mejoramiento del ambiente.

Con esta propuesta se pretende impedir que la erosión siga avanzando y tomen algunas técnicas para la conservación del suelo con la participación activa de la población. Eventualmente esto podría mejorar el ambiente, incrementar la conciencia sobre el valioso papel de la conservación y preservar los recursos naturales del área para beneficio de los habitantes. Utilizar de manera racional las tierras podría eventualmente permitir obtener mejores producciones.

OBJETIVO GENERAL

Analizar las características regionales y las causas de erosión, para generar una propuesta de restauración de suelos afectados por la erosión hídrica, en la Reserva del Parque Natural Sierra Nanchititla.

Objetivos Particulares

Identificar las áreas con suelos erosionados y clasificarlas según su grado de afectación.

Determinar los tipos de erosión en las áreas degradadas, para discriminar aquellos con erosión hídrica.

Establecer los métodos y técnicas de restauración de suelos adecuados para las áreas degradadas, en función de su grado de afectación, integrándolos en una propuesta con los métodos seleccionados.

CAPITULO I

MARCO TEORICO

La base teórica de la presente Investigación se encuentra sustentada en control de cárcavas (Colegio de Postgraduados, 1991), en el método geográfico y otros fundamentos teóricos relacionados con la erosión hídrica de suelos.

1.1 Método Geográfico

De acuerdo con Cisneros (2001), la geografía es una ciencia que estudia la organización espacial de la realidad y sus características fundamentales, es ser descriptiva y analítica basando su estudio en los siguientes principios:

Causalidad.-Investiga las causas que producen un fenómeno geográfico determinado, por ejemplo como se forma un sistema rocoso.

Distribución o extensión.-Localiza las regiones de la tierra donde se presentan los hechos o se producen los fenómenos geográficos; siendo esta la magnitud en el tiempo y en el espacio. (duración y alcance).

Relación.-Busca la correlación que existe entre los fenómenos naturales y sociales que se producen en lugar determinado y los fenómenos similares que se efectúan en otros sitios de la tierra. Así mismo, estudia la relación que existe entre un hecho geográfico (planicie) y la influencia de la flora, población y materiales del suelo.

Evolución.-Estudia la transformación que sufren los hechos o fenómenos geográficos. Por ejemplo, como se forman o cambian las formaciones montañosas y cuáles son los factores o agentes internos o externos que originan los cambios.

Concepto de Suelo

El termino *suelo* se deriva del latín *Solum* que significa piso o terreno y se refiere a la superficie suelta de la tierra, para distinguirlo de la roca sólida (Ortiz, 1984).

De acuerdo a Patrick, (1984), el suelo se define como un cuerpo tridimensional continuo y coherente que cubre proporciones de la superficie terrestre. Se desarrolla a partir de una mezcla de materiales minerales y orgánicos bajo la influencia del clima y del medio natural; la interacción del material parental, el relieve y organismos a través del tiempo. Puede ser modificado y aún construido por el hombre. Su grado de desarrollo se manifiesta en el grado de estructuración y formación de horizontes. Suministra los nutrientes y el sostén que necesitan las plantas, siempre que contenga agua y aire.

Las propiedades y características de los suelos se encuentran relacionadas con las propiedades de los materiales parentales a partir los cuales han evolucionado. Aunque el clima es el más importante dentro del proceso formativo de los suelos, debido a la presión ejercida por la precipitación, la temperatura y la acción del viento, la humedad y la luz (Duchaufour, 1984).

La vegetación es la encargada de proporcionar la fuente primaria de materia orgánica. Se obtiene de las plantas que se desarrollan sobre los mismos, además del reciclaje de los nutrientes; los microorganismos presentes mejoran la estructura de los suelos.

La influencia del relieve en la formación de los suelos es determinante, ya que tiene un efecto modificador sobre el drenaje, la erosión y sobre los escurrimientos. Los suelos se desarrollan bajo constantes cambios, sin embargo son muy lentos, imperceptibles al ojo humano, por lo que el factor tiempo es esencial en su formación. También varía, dependiendo si se desarrollan en ambientes húmedos, fríos o secos (Patrick, 1984).

Los suelos son cuerpos naturales, dinámicos y vivos que desempeñan múltiples funciones en los ecosistemas terrestres, por lo que son un componente de la biosfera. De acuerdo a Porta et al. (1994), entre las principales funciones de los suelos cabe destacar:

- ☞ Producción de Biomasa: alimentos, forrajes y fibras
- ☞ Mantenimiento y mejora de la calidad de las aguas que lo atraviesan: filtrado, intercambios iónicos y almacenamiento.
- ☞ Regulación del Microclima, al absorber la radiación solar e intervenir en la evaporación.
- ☞ Soporte físico de actividades humanas: viviendas, industrias, infraestructuras lineales.
- ☞ Fuente de materias primas: arcilla, grava, arena, yeso, caliza, turba, hierro, aluminio etc.
- ☞ Fuente de información de procesos geológicos y geomorfológicos

Debido a su variabilidad espacial, las funciones que potencialmente pueden desempeñar los suelos serán distintas entre unos y otros (Porta et al., 1994).

La Universidad Autónoma de Chapingo (1984), diferencia a los suelos de acuerdo a su grado de formación en:

1. Suelo de formación reciente o joven: es aquél que solo ha acumulado materia orgánica sobre el horizonte superficial, se encuentra poco intemperizado, tiene acumulación de arcillas y presenta uno o dos horizontes.
- 2.-Suelo maduro: es aquél que presenta mayor número de horizontes, ha tenido acumulación de bases y cuenta con horizontes A y B. En el horizonte B es poco fértil.
- 3.-Suelo senil: se caracteriza por tener lixiviadas casi todas sus bases, presenta una fuerte migración de arcillas en el horizonte B y es poco fértil.

Un *suelo* se puede considerar como un sistema trifásico y dinámico, está formado por material mineral, material orgánico, la llamada solución de suelo y la atmosfera del suelo.

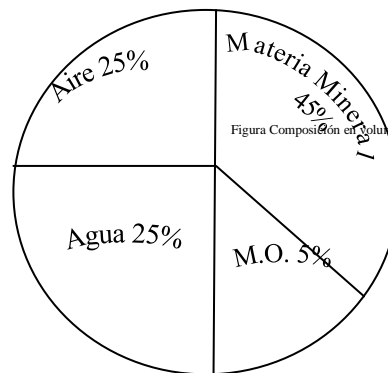


Figura 1. Ejemplo de la Composición de un suelo superficial, de una tierra franco-limosa en buenas condiciones para el crecimiento vegetal (Villanueva, 1984).

EROSIÓN

Existen dos tipos de Erosión: la Geológica y la Inducida.

Erosión Geológica.-ocurre como consecuencia de las fuerzas de la naturaleza, actúa sin la intervención del hombre y participa en la formación de los suelos.

Erosión Inducida.-el proceso de la pérdida del suelo se debe al mal manejo del suelo por el hombre, es común en México (Colegio de Potsgraduados, 1991).

Erosión es el proceso de desprendimiento y arrastre de los materiales del suelo, causados por el agua o el viento (Colegio de Postgraduados, 1991). Es una pérdida gradual del material que constituye el suelo, al ir siendo arrastradas las partículas (disgregadas, arrancadas y transportadas), a medida que van quedándose en la superficie (Porta et al., 1994).

También puede ser considerado como el proceso físico de desprendimiento y el arrastre de los materiales del suelo por agentes del intemperismo. Según Figueroa et al. (1991) es el fenómeno compuesto de dos procesos que consisten en el desprendimiento de las partículas del suelo y su transporte por el agente erosivo.

Las principales causas se relacionan con: la destrucción de la vegetación natural, el cultivo de áreas con pendientes fuertes, el laboreo de suelos, el surcado en sentido de la pendiente, el sobrepastoreo y la tala inmoderada.

En resumen: proceso o fenómeno por medio del cual el suelo se deteriora perdiendo proporción y modificando sus propiedades, ya sea por el viento, agua, o la acción del hombre.

La erosión del suelo en bosques o llanuras no es tan severa como la erosión en terrenos de cultivo, aunque el suelo forestal toma dos o tres veces el tiempo para restaurarse por sí mismo, que lo que tarda el suelo para cultivos. Los lugares en donde se efectúan construcciones casi siempre tienen las mayores tasas de erosión (Miller, 1994).

Causas y efectos de la erosión

La erosión es ocasionada por mecanismos de carácter Geológico o natural y Antrópico o Inducido. Los primeros se caracterizan por ser procesos naturales, donde el hombre no interviene. Existe un equilibrio entre la formación y la destrucción de los suelos. Aunque la segunda causa ha despertado un enorme interés debido a la influencia del ser humano, el cual por medio de sus actividades económicas día con día ha tendido a acelerar el frágil mecanismo que conlleva a la degradación del suelo. El impacto de la erosión puede tener lugar:

- ☞ En el sitio: disminuye el espesor del suelo por lo que tendrá menos volumen y sus raíces menor capacidad de almacenamiento de agua y muchas de sus funciones se ven afectadas.
- ☞ Fuera del sitio: consiste en el aporte de sedimentos que los cursos de agua, lagos y ríos, otros efectos son: el aporte de fósforo transportado con las partículas sólidas, lo cual provoca la eutrofización de las aguas; la contaminación por agroquímicos; riesgo de daños en infraestructuras (cortes de caminos o carreteras).

Factores que determinan la erosión

La erosión que sufre un suelo está en función de:

1.-Erosividad.-capacidad potencial de la precipitación la cual causa la erosión en un periodo determinado. La erosividad de la lluvia está en función de la intensidad, duración y época de precipitación.

2.-Erodabilidad.-susceptibilidad del suelo a la erosión, debido a la facilidad del desprendimiento de las partículas por acción del agua o viento, la pendiente y clase de textura. La erodabilidad es dinámica, cambia durante una tormenta, durante el año o de año a año por lo que los suelos pueden variar en su contenido de humedad siendo más resistentes a la erosión.

3.-Factor socioeconómico.- El ser humano influye en la degradación del suelo y la erosión, debido al mal manejo de los recursos naturales. El acelerado crecimiento de la población genera una mayor presión sobre los suelos, al tratar de extraer más de lo que pueden proporcionar. Llegando a modificar el espacio hasta ser convertido en infraestructura social.

La combinación de estos factores explica la complejidad de los procesos erosivos presentes en muchas de las regiones de nuestro planeta.

De acuerdo a Porta et al. (1994), la erosión es un proceso que tiene lugar en forma espontánea dentro de la naturaleza, variando de unos escenarios a otros. Aunque la intervención del hombre hace que su intensidad incremente.

La superficie de la tierra ha sufrido procesos exogènicos y endogènicos que tienden a nivelar o formar un nuevo relieve. Estos procesos actúan en direcciones opuestas, por lo tanto la superficie terrestre es el resultado de varios cambios notables. La erosión es uno de los procesos más constantes, donde el hombre participa de manera directa.

Erosión hídrica

Es la erosión por gotas de lluvia. Consiste en la dispersión de los agregados del suelo, como resultado del impacto directo de gotas de lluvia al terreno, provocando un desplazamiento de partículas del suelo las cuales alcanzan alturas hasta 61 cm. y distancias de 152cm.En terrenos planos además del salpicamiento del suelo, las gotas de lluvia mantienen el material fino en suspensión, facilitando su acarreo por gotas de escurrimiento (Colegio de Postgraduados, 1991).

La erosión hídrica acelerada es considerada perjudicial para los suelos ya que grandes superficies de suelos fértiles se pierden año con año.

Cuando el suelo está expuesto la desagregación por la lluvia es una acción generalizada, pero la desagregación por el escurrimiento es una acción dirigida, que actúa sobre una parte del terreno en el que se concentra con velocidades erosivas.

Tipos y Formas de Erosión Hídrica

Existen diversos tipos de suelo con características propias de cada uno de ellos, que al ser impactados por agua tienden a erosionarse y crean varias formas en el paisaje.

Las formas de erosión hídrica son, según el Colegio de Postgraduados, UACH (1985).

Erosión por Salpicamiento: consiste en la dispersión de agregados por impacto de las gotas de lluvia sobre el terreno. Sus efectos pueden observarse después de un aguacero: el follaje cercano al suelo contiene partículas del mismo.

Erosión de pináculos: se asocia con canales verticales profundos a los lados de las cárcavas, que profundizan hasta formar y dejar el pináculo aislado.

Pináculos: son relictos naturales del relieve provocado por socavaciones del agua que fluye y se asocian con la erosión tubular (Colegio de Postgraduados, 1991).

Erosión Laminar: es la más extendida, se trata de la remoción uniforme del suelo en capas delgadas de los terrenos en pendiente, resultado de la saturación del suelo y su deslizamiento superficial. El daño causado de pérdida del suelo es mayor, ya que selecciona las partículas superficiales tales como: limo, arcilla y materia orgánica.

Erosión en Canales: es la remoción del suelo por el agua mediante pequeños surcos o arroyuelos, cuando existe una concentración del flujo superficial. Su estructura es débil y pueden ser eliminados con cualquier práctica agrícola.

Al presentarse una erosión más intensa las formas más comunes que se presentan son las estructuras formadas sobre materiales poco consolidados:

1.-*Pedestales:* Se desarrollan sobre materiales suaves, en donde el terreno se encuentra protegido por raíces o pastos, del impacto de las gotas de lluvia y de las escorrentías; de esta manera quedan adheridas al suelo por una sección.

2.-*Erosión tubular*: La formación de tubos y canales subterráneos, es común en los suelos con erosión en pináculos. Esta forma ocurre cuando el agua que fluye se infiltra a través de la superficie del suelo, moviéndose hacia abajo a una capa menos permeable. Esta agua tiende a moverse sobre las capas menos permeables buscando una salida si esta existe, siendo posible que el materia fino del suelo sea arrastrado por el agua. Permite el flujo más rápido con un aumento en la erosión lateral y en ocasiones todo el flujo superficial penetra a un tubo vertical siguiendo su recorrido bajo la tierra. La erosión tabular se encuentra restringida a terrenos agrícolas de poco valor, por lo que su control es poco común (Colegio de Postgraduados, 1991).

3.-*Erosión por caída o remontante*: es un proceso geológico presente en las paredes de las cárcavas en donde no interviene el hombre. La caída que se forma en la orilla de la cárcava, arroja el material salpicado contra la pared baja de esta cara; la cual se erosiona dejando la parte superior sobresaliendo. Cuando el peso de la parte sobresaliente es grande, se desprende formando una nueva (Colegio de Postgraduados, 1991).

Erosión eólica.

Es el movimiento de las partículas del suelo producido por la fuerza del viento ejercida contra la superficie del terreno, una vez que el movimiento inicia, las partículas del suelo son transportadas por saltación, desplazamiento superficial, suspensión, duración, velocidad y turbulencia del suelo. (Colegio de Postgraduados, 1991).

Formación de cárcavas

La presencia de cárcavas sobre un terreno indica un nivel mayor de erosión, estas se inician cuando gran parte del suelo ha sido arrastrada a causa de la erosión. Las cárcavas pueden provenir de canalillos, huellas en los caminos, zanjas y desagües inapropiadamente construidos u otras depresiones en donde se concentren las aguas.

Al iniciar el proceso se presenta un estado de zanjeado incipiente en donde la cárcava comienza a notarse en el terreno por el agua que escurre concentrándose para formar pequeñas corrientes. El fluir del agua extrae del fondo el material de lavado o caída dentro de la cárcava, profundizándose así gradualmente (Colegio de Postgraduados, 1991).

Las condiciones geológicas son las que determinan la profundidad de una cárcava, consistencia del subsuelo, inclinación del fondo de la cárcava y la cantidad de material transportado por la corriente. Si la corriente de agua de la cárcava es grande o su carga de detritos es pequeña el agua puede cavar en su fondo y extraer material adicional. Por lo contrario si la corriente viene cargada de materia sólida, puede depositarse y levantar el lecho de la cárcava.

En una cárcava se presentan diversos fenómenos de erosión: erosión superficial, interna y desmoronamiento. Estos procesos afectan las zonas de producción agrícola, obras públicas, etc. (Colegio de Postgraduados, 1991).

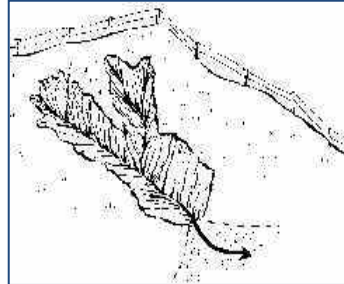


Figura 2. Formación de una cárcava

Fuente: (Colegio de Postgraduados, 1991).

Tipos de cárcavas

1.-Cárcavas en forma de “U”: en este tipo de cárcava los materiales subyacentes son blandos y fáciles de cortar, forman paredes rectas y profundas, la formación del cauce es más recto. Se considera como cárcava peligrosa por los materiales blandos e inestables se encuentran en sus depresiones más profundas, tales como arena, grava suelta o roca blanda que son más fáciles de desgastar por las aguas de las avenidas.

Esta facilidad de erosión hace que los lados excavados por abajo se partan a menudo, en grandes bloques favoreciendo la rápida extensión de las cárcavas. Cuando el bloque es arrastrado fuera de la cárcava, forma una caja con las paredes más o menos rectas y un ancho más o menos igual al de la parte superior (Bennett, 1974).

2.-Cárcava en forma de “V”: constituida por material arcilloso relativamente formando lados inclinados y fondo angosto poco profundo. La dirección que forma el cauce es serpenteante debido a la dureza de sus materiales, esta cárcava puede considerarse tipo normal, excepto en un suelo blando (Bennett, 1974).

La presencia de cárcavas dentro de las localidades como Palos Prietos y Nanchititla en pendientes de 15° son generadas posiblemente por actividades agrícolas y ganaderas, lo que hacen de mayor importancia conocer su formación de estas como se pueden contrarrestar para la recuperación de suelo (Gobierno del Estado de México, 1999).

Agentes de la Erosión

Dentro de los principales agentes destacan por su magnitud el agua, el viento y en menor proporción la temperatura y los agentes biológicos.

Agua: es el agente de la erosión más importante ,ya que la acción de las gotas de lluvia al hacer impacto sobre la superficie del suelo o al sobrevenir del escurrimiento superficial produce grandes pérdidas de suelo ,cuando es causada por el agua se llama Erosión Hídrica.

Viento: es un agente climático que según su intensidad produce erosión afectando la formación de los suelos a través del desprendimiento, transporte, deposición y mezclado de suelo, cuando es causada por el viento se llama Erosión Eólica.

Cambios de Temperatura: el descostramiento (defoliación) y fracturamiento de los materiales parentales, son ejemplos de la acción en la variación de la temperatura entre el intemperismo y la erosión litológica, los constantes cambios de temperatura son notables en la superficie.

Agentes biológicos: parte de la destrucción del suelo puede ser originada indirectamente por los organismos vivos, al dejar el terreno expuesto a la erosión algunos de estos organismos son: musgos, líquenes, ganado y otros animales.

Restauración y Conservación de Suelos

Las técnicas de conservación de suelo son conocidas desde tiempos antiguos en el área del mediterráneo, donde existen abundantes y modélicas obras de conservación, tanto en Grecia como en Italia; pero ha sido hasta mediados del siglo pasado cuando el tema se empezó a estudiar con profundidad a nivel mundial (Colegio de Postgraduados, 1991).

La conservación se define como la utilización de los recursos naturales por el ser humano con el fin de producir el máximo y sostenido beneficio para las generaciones actuales, manteniendo su potencialidad para satisfacer las necesidades futuras de la naturaleza. Son consideradas como las actividades que llevan a cabo la aplicación de técnicas o prácticas de tipo biológico, mecánico o tratamientos integrales consistiendo en realizar movimientos de tierra con la finalidad de disminuir los escurrimientos superficiales para reducir la erosión en terrenos con pendiente para el uso conservacionista del suelo y el agua (Colegio de Postgraduados, 1991).

Uso y manejo del recurso suelo con el fin de mantener o manejar su capacidad productiva en función de sus aptitudes, limitantes y potencialidades de manera que se evite su pérdida o degradación. La Conservación de suelos consiste en el empleo eficiente de la tierra bajo un sistema de cultivo que la preserve de la erosión.

La conservación del suelo es la explotación de la tierra dentro de los límites económicos practicables y de acuerdo con sus capacidades (las propiedades que le dio la naturaleza). Es decir, ajustar las necesidades (la condición que resulta del modo de explotación por el hombre), con objeto de mantenerla en estado de productividad permanente. Todas las medidas practicables requeridas para lograr la productividad permanente del suelo constituyen instrumentos de conservación, ya sea se utilicen por separado o en combinaciones adecuadas.

La conservación de suelos consiste en salvaguardar todas las clases de tierra útil, pues la mayoría de las tierras situadas desde el punto de vista climático o topográfico son útiles. Así, se debe evitar su empobrecimiento o desgaste producido por:

- Erosión
- Agotamiento de los elementos nutritivos de las plantas debido a la lixiviación, cultivo excesivo o pastoreo sin medida
- Acumulación de sales tóxicas
- Cultivo Inapropiado
- Incendio
- Falta de drenaje a las tierras de cultivo y de pasto

En estos suelos una de las manifestaciones más graves de la erosión hídrica es la formación de zanjas o cárcavas, las cuales se forman en terrenos con pendientes fuertes es decir mayores a 15%, cuando los terrenos presentan cárcavas en formación es recomendable la utilización de presas de control de escurrimientos y azolves con el fin de reducir la pérdida de suelo evitando daños a terrenos aledaños.

El éxito y la eficacia de las técnicas de conservación dependen de la correcta selección, combinación y ubicación que se haga de ellas (Figuerola et al., 1991).

Técnicas o métodos de restauración y conservación de suelos erosionados

Presas de gavión

Las presas filtrantes a base de gaviones detienen el material de transporte así controlan la erosión que se produce en la torrenteras, pues disminuyen el proceso erosivo del caudal y su velocidad, a la vez que el material sólido en suspensión, queda atrapado en el perímetro aguas arriba de la presa logrando una estabilización en el cauce (Dávila, 2003).

Este tipo de presa es recomendable al ser utilizada en cárcavas de diversos tamaños. Las estructuras a base de gaviones han demostrado ser una buena solución a los problemas originados por la fuerza erosiva del agua, protegiendo vías de comunicación como carreteras, vías férreas así como obras de conservación de suelos, recarga de acuíferos, obras de irrigación y control de ríos.

Surcado al contorno

Consiste en trazar los surcos en forma perpendicular a la pendiente natural del terreno siguiendo las curvas de nivel. Esta práctica es recomendable en terrenos con pendientes no mayores del 5%, cuando la pendiente es mayor es necesario complementarla con otras prácticas mecánicas como las terrazas (Colegio de Postgraduados, 1991).

Prácticas vegetativas

Las prácticas vegetativas son aquellas que consideran el desarrollo de plantas o cultivos con la finalidad de mejorar la capacidad productiva de los terrenos y ayudar a disminuir la erosión del suelo. Estas prácticas permiten conservar el suelo y el agua en terrenos que presentan problemas de deficiencia de humedad, erosión, topografía, texturas gruesas o finas y permeabilidades altas o bajas. La selección de estas prácticas está en función de la clase y uso del terreno, así como los factores limitantes y el principal agente de la erosión (Colegio de Postgraduados, 1991).

Rotación de cultivos

Una rotación es la sucesión de cultivos diferentes en ciclos continuos sobre un área de terreno determinada. Debe ser programada de acuerdo a las condiciones ecológicas y aspectos socioeconómicos. La duración del ciclo deberá ser mayor, a medida que se incrementa el problema de erosión o baja fertilidad de los suelos (Colegio de Postgraduados, 1991).

Cultivos en fajas

El cultivo en fajas es un sistema utilizado en la conservación de suelos que consiste en cultivar los terrenos de pendiente del 2 al 15%, en fajas alternas y de anchura variable con cultivos de escarda y tupidos, siguiendo un programa de rotación. La adopción de algún tipo específico de fajas obedece a diversas condiciones de topografía, grado de degradación del suelo y principales agentes de la erosión en base a estas consideraciones se pueden diferenciar cuatro tipos de cultivos en fajas:

Cultivos en fajas al contorno y en rotación

Se recomiendan en terrenos con pendiente uniforme dentro de un rango de 2 a 15%, donde el agua es el principal agente de la erosión.

En este sistema los cultivos de escarda y tupido se disponen en fajas alternas, siguiendo las curvas a nivel y en sentido perpendicular a la dirección de la pendiente natural del terreno. Los cultivos alternantes están sujetos a rotaciones definidas de acuerdo con el programa aprobado para la utilización de los terrenos.

Cultivos en fajas de contención o amortiguadoras

Este sistema es similar al anterior con la diferencia de que son recomendables en terrenos de pendiente irregular. Las fajas de contención son de cultivo tupido y de anchura irregular por ajustarse a las curvas a nivel del terreno, de tal manera que las fajas de los cultivos de escarda sean lo más uniforme dentro de los límites permisibles.

Cultivos en fajas por fracciones

El establecimiento de este sistema es en forma transversal a la pendiente del terreno, el ancho es uniforme y su trazo no siempre se ajusta a las curvas de nivel.

Las fajas por fracciones, como su nombre lo indica, no son continuas, si no que se adaptan a porciones específicas del terreno en base a la variación del relieve.

Cultivos en fajas de contraviento

Con este sistema de fajas, a diferencia de los anteriores, se trazan en áreas planas donde es el viento el principal agente de la erosión. Las fajas se trazan en forma recta, perpendicular a la dirección de los vientos dominantes (Colegio de Postgraduados, 1991).

Abonos verdes

Es la práctica de sembrar una determinada planta en el terreno, con la finalidad de incorporarla al suelo durante la época propicia para su desarrollo vegetativo (antes de la floración). La aplicación repetida de abonos verdes al suelo se efectúa con la finalidad de agregar materia orgánica, mantener o incrementar la fertilidad de los suelos, aumentar la capacidad de retención de humedad en el suelo y reducir los escurrimientos superficiales y la erosión. Para ello debe ser una planta que enriquezca al suelo con nutrimentos; con un desarrollo foliar vigoroso y debe incorporarse al suelo en condición succulenta. Las plantas que reúnen estas características son principalmente las leguminosas y tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico e incrementar el contenido de este nutrimento en el suelo (Colegio de Postgraduados, 1991).

Cultivos de cobertera

Estos constituyen una práctica vegetativa que tiene como finalidad formar y establecer una cubierta vegetal en el terreno para conservarlo y mejorarlo. Este uso es importante en áreas donde ha desaparecido la vegetación por acción hídrica o eólica, después de que ha sido cosechado el cultivo principal y el suelo queda expuesto a los agentes de la erosión y entre plantaciones de frutales que no forman una cobertura total sobre la superficie del suelo. Los cultivos de cobertera pueden ser permanentes o periódicos, de acuerdo con las características de la especie cultivada; pudiendo ser pastos o leguminosas (Colegio de Postgraduados, 1991).

Área Natural Protegida (ANP)

Sin duda alguna México es uno de los países con mayor cantidad y calidad de recursos naturales, así mismo una amplia variedad de ecosistemas en donde día a día se realizan diversos tipos de actividades las cuales alteran el medio: por esto surge la necesidad de preservar, proteger y aprovechar aquellos espacios naturales que cumplen con varias funciones la cual se definen como un Área Natural Protegida.

Son porciones de un espacio terrestre o acuático del territorio nacional representativas de los diferentes ecosistemas y de su biodiversidad, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado por el hombre estando sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo sostenible del país.

Son, en cierta forma unidades productivas estratégicas, generadoras de una corriente vital de beneficios sociales, patrimoniales que deben ser reconocidos y valorizados aunados a los rasgos culturales que pueden estar presentes.

Constituyen una atracción para los habitantes de los sitios respectivos, para los turistas de todo el mundo favoreciendo el desarrollo económico de la nación en donde el establecimiento u operación continua implica costos.

Se crean mediante un decreto presidencial y las actividades que pueden llevarse a cabo en ellas se establecen de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (2011).

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) opera el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP) y considera las siguientes categorías de ANP'S:

- a) Reserva de la Biosfera
- b) Reservas especiales de la Biosfera
- c) Parques Nacionales
- d) Monumentos Naturales
- e) Parques Marinos Nacionales
- f) Áreas de Protección de los Recursos Naturales
- g) Áreas de Protección de Flora y Faunas silvestres y acuáticas
- h) Parques Urbanos

El Parque Natural Sierra de Nanchititla en el Estado de México se encuentra dentro de la categoría de los Parques Estatales (Gobierno del Estado de México, 1999).

Propósito y funciones del PNSN como ANP

Cabe mencionar que sus funciones son varias, pero su objetivo es conservar los recursos naturales de la entidad para evitar su pérdida. El suelo y el agua son recursos que no se pueden renovar si se pierden. Esto ha ocasionado una sobre explotación irracional de los mismos así como una gran pérdida de suelo. La agricultura y ganadería son las principales actividades de la región; ya que la mayoría de los campesinos no saben cómo utilizar de manera racional el suelo para obtener mejores producciones (Colegio de Postgraduados, 1991).

Como una ANP debe promover la participación de las comunidades con el propósito de conservar e incrementar todos y cada uno de sus recursos existentes al no perderlos en actividades económicas que alteran el medio. Por el contrario debe crear nuevos espacios para el desarrollo de nuevas técnicas que ayuden al Parque a promover el desarrollo del turismo y la venta de algunas artesanías de la zona.

Para lograrlo las personas que visiten el Parque tendrán que respetar los señalamientos existentes para no ocasionar más daño del que ya se tiene. Esto requerirá mayor conciencia al entender la obligación de preservar todos y cada uno de los recursos existentes en el lugar.

Hay que tener esa relación del hombre – medio sin dañar los ecosistemas de nuestro espacio: tomemos en cuenta que el suelo es uno de los más afectados hoy en día por la erosión, la deforestación y el sobrepastoreo.

Lo ideal es que estos espacios sirvan de esparcimiento popular o saneamiento ambiental para lograr un bienestar colectivo, sin alterar el medio ambiente. En México se muestra poco interés en seguir los esquemas de protección y conservación para las áreas protegidas, ya que en su mayoría las áreas forestales presentan una acelerada destrucción en cuanto a sus recursos maderables. (Castro, 2008).

En México se han realizado trabajos relacionados con alguna metodología para cartografiar y predecir el riesgo potencial de la erosión, tales como el de Adame (1987), en el que estudia dicho fenómeno en cuanto al riesgo y no al fenómeno presente. Para diseñar el programa de recuperación de suelos fue importante establecer los criterios para el diseño de este, así mismo considerar las diversas metodologías y enfoques en base a las necesidades y problemas de la Reserva.

Toda área que ha sido destinada a la protección, preservación y manejo, etc., como lo son las ANP requieren de la implementación de proyectos que conduzcan a un manejo sustentable de los recursos que se localizan dentro de ella y que están siendo sometidas a procesos avanzados de degradación como lo es a través de procesos erosivos. Es así que metodologías como lo es la del Enfoque del Marco Lógico contribuyen y facilitan la implementación de proyectos que conduzcan a su restauración de suelos al obtener una mejor planeación dentro de la misma ANP.

Enfoque del Marco Lógico

El Enfoque del Marco Lógico (EML) es una metodología que permite la formulación de proyectos, programas y propuestas de desarrollo, basado principalmente en el análisis de árboles de problemas reales y árboles de objetivos que permiten estructurar modelos o esquemas denominados matrices de planificación de proyectos. Esta metodología considera como elementos importantes; tiempo, lugar, alternativas de solución, estrategias y beneficiarios. (Camacho ,2001).

Ibáñez (2003) en su estudio EML y su aporte a las etapas de diagnóstico, diseño y evaluación de los proyectos dice que “los programas y/o proyectos no existen principalmente para llevar a cabo ciertas actividades, sino para generar un efecto en una situación inicial identificada como problemática”.

El EML es una herramienta analítica para la planificación y la gestión de proyectos orientada por objetivos, aunque también es una manera de estructurar los principales elementos de un proyecto, subrayando los lazos lógicos entre los insumos previstos, las actividades planeadas y los resultados esperados (Camacho, 2001). Esta es una metodología de gestión de proyectos de desarrollo, que puede aplicarse en cualquier tipo de comunidades.

Constituye un referente obligatorio para los profesionales de planificación y requisito indispensable para la obtención del financiamiento de distintas agencias y organismos donantes. Esta metodología se aplicó en el presente trabajo como base para el diseño de un proyecto de recuperación de suelos, considerando requiere la participación de diferentes sectores de la sociedad.

Características del Enfoque del Marco Lógico

La aplicación de cada una de las características depende de las condiciones donde se plantea desarrollar. Algunas de sus características más importantes son:

- Es un método de planificación por objetivos que se usa esencialmente en la gestión de proyectos de cooperación para el desarrollo.
- Es un sistema de toma de decisiones que permite tomar y justificar decisiones.
- Es un método de planificación participativa: las herramientas que propone son técnicas de discusión de grupos donde los colectivos beneficiados ocupan un lugar preferente.
- Es un método de discusión secuencial, donde cada fase se construye sobre la base de los acuerdos alcanzados en las etapas anteriores.

Ibáñez (2003) considera que la aplicación del Enfoque del Marco Lógico para el desarrollo y operatividad de proyectos o programas consta de cuatro fases o categorías: 1) identificación, 2) diseño, 3) ejecución y seguimiento y 4) evaluación.

La Identificación consiste en detectar y ubicar cuales son los problemas que han de resolverse y qué oportunidades pueden aprovecharse. Aquí se contextualizan las ideas de lo que se pretende hacer, precisando, justificando y tipificando a los beneficiarios: ¿Para quién?, Con Quien?. Esta etapa trata de responder otras preguntas ¿Qué sucede? ¿Por qué sucede? ¿A quiénes y Cómo afecta? ¿Cómo se puede solucionar? De esta manera se identificaron las condiciones en las que se encuentra la reserva.

El diseño o formulación consiste en formalizar y organizar los resultados obtenidos durante el proceso de identificación. En él se establecen las estrategias, plazos, recursos, costos y se responde a las preguntas ¿Qué queremos hacer? ¿Cómo pretendemos realizarlo? ¿A quién se dirige la acción? ¿Por qué y para qué actuar? ¿Con quién, dónde, cuándo y con qué recursos? Esto constituye el diseño del documento, donde se expresa la lógica de la intervención, es una guía para la acción y constituye el elemento de comunicación entre los actores sociales y las instituciones involucradas.

El elemento importante en esta fase es la estructura denominada matriz de planificación del proyecto. La matriz de planificación del proyecto es la estructura básica del diseño y contiene de manera lógica, clara y secuenciada, los elementos centrales del programa que se propone. Los elementos que componen esta fase son: matriz de planificación, programación de actividades, programación de recursos, factores de viabilidad y documento del programa.

La ejecución y seguimiento consiste en la aplicación del instrumento. Es la acción práctica de cooperación con la finalidad de transformar una determinada realidad. Las modalidades de la ejecución pueden optar por varios procedimientos, de acuerdo con los planes de trabajo, estrategias, organización y beneficiarios. Es importante establecer un sistema de seguimiento, control y supervisión de las actividades que se realizan, con la finalidad de dirigir o corregir algunas anomalías durante el desarrollo. En esta etapa se incluyen el plan de ejecución, la realización de operaciones, el sistema de información y los informes de seguimiento.

La evaluación consiste en la apreciación y valoración de las actividades para obtener conclusiones. Es importante realizarla antes, durante y después de la ejecución. Como elementos básicos de atención en la etapa de la evaluación es importante tomar en cuenta los componentes: pertinencia, eficacia, impacto, viabilidad, y eficiencia.

El diseño adecuado marca la pauta para la evaluación que se realiza durante las distintas etapas. La evaluación no consiste en informar y/o preparar una lista de actividades que se han realizado, si no en una comparar de lo que se hizo y lo que se había planificado originalmente; además de valorar el impacto del proyecto en cuestión.

Esta metodología es flexible, pues permite la adecuación de acuerdo con las necesidades durante la fase de planeación y operatividad.

MARCO LEGAL

Se consideraron los artículos de la legislación jurídica en materia ambiental y ecológica para realizar acciones de restauración en los espacios degradados. Se encuentran en las leyes y reglamentos establecidos en la **Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos**, como disposición jurídica de orden Federal. Ella establece en el Capítulo I de las garantías individuales, artículo 27; lo siguiente;

Dominio de los recursos naturales “..... La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro del territorio nacional, corresponden a la Nación, la cual ha tenido el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares.....”

Las Expropiaciones “.....solo podrán hacerse por causa de utilidad pública y mediante indemnización. La nación tendrá en todo el tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicten el interés público, en beneficio social, el aprovechamiento de los recursos por los particulares susceptibles de apropiación objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana”.....Por otro lado “se dictaran las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones usos, reservas y destinos de tierra, aguas, bosques a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y de regular la fundación, conservación, mejoramiento, y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico.”

Respecto a la restauración de Suelos la **ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente** (2011) tiene por objeto regular las acciones a cargo del Estado y los Municipios en materia de conservación ecológica y protección al ambiente en el marco de las políticas establecidas para el desarrollo sustentable y tiene como finalidad:

-Garantizar el derecho de toda persona de vivir en un ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar.

-Realizar un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

-Fomentar la participación corresponsable de la sociedad en la preservación y restauración del equilibrio ecológico.

Adicionalmente, el **código para la Biodiversidad del Estado de México**, tiene como intención primordial reconocer que la biodiversidad es un universo que abarca absolutamente a cada una de las actividades humanas tanto sociales, privadas, públicas, biológicas, químicas, físicas, políticas, económicas; es decir hablar del medio ambiente es referirse siempre a su contenido holístico (Gobierno del Estado de México, 2000).

Por otro lado existen políticas ambientales del Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), que consideran el aprovechamiento, restauración, conservación, y protección del medio ambiente. Esta investigación se enfocó a la política de restauración. Este tipo de políticas son secuenciales, hablan de un ambiente que ha sido alterado por factores antrópicos, debido al aprovechamiento de recursos. Primero se deben realizar acciones de restauración, enseguida dar inicio a la conservación del medio; y finalmente, a la protección del mismo.

Con base a lo anterior las Áreas Naturales Protegidas tienen un sustento legal que las autoridades deben considerar para su establecimiento, manejo, cuidado y beneficios en relación con las diversas actividades desarrolladas dentro de la reserva.

CAPITULO II

AREA DE ESTUDIO

“RESERVA DEL PARQUE NATURAL SIERRA NANCHITITLA”

Localización

El parque se localiza a una altitud que va de los 420 m hasta los 2,100 m. Sus coordenadas extremas son 19° 04' 46" y 18° 45' 38" de latitud Norte, 100° 15' 54" y 100° 36' 28" de longitud Oeste, ocupando una superficie de 67,410 ha.

La reserva se encuentra dentro del parque natural del mismo nombre. Se ubica, dentro de la región fisiográfica de la cuenca del Balsas, en la provincia de la Sierra Madre del Sur, Subprovincia Depresión del Balsas. Limita con los estados de Michoacán y Guerrero (INEGI, 2007). La sierra de Nanchititla se desplaza de Este a Oeste y constituye el extremo Suroeste del eje neovolcánico, alcanzando en sus cimas altitudes de hasta 2,050 m.s.n.m. Es reconocido como un pequeño macizo montañoso de gran importancia por ser un área de transición de climas, flora y fauna.

Las coordenadas de la reserva son;

Longitud 100° 23' 36.96" N

Latitud 18° 51' 49.27" E

100° 26' 35.72" S

18° 48' 52.08" O

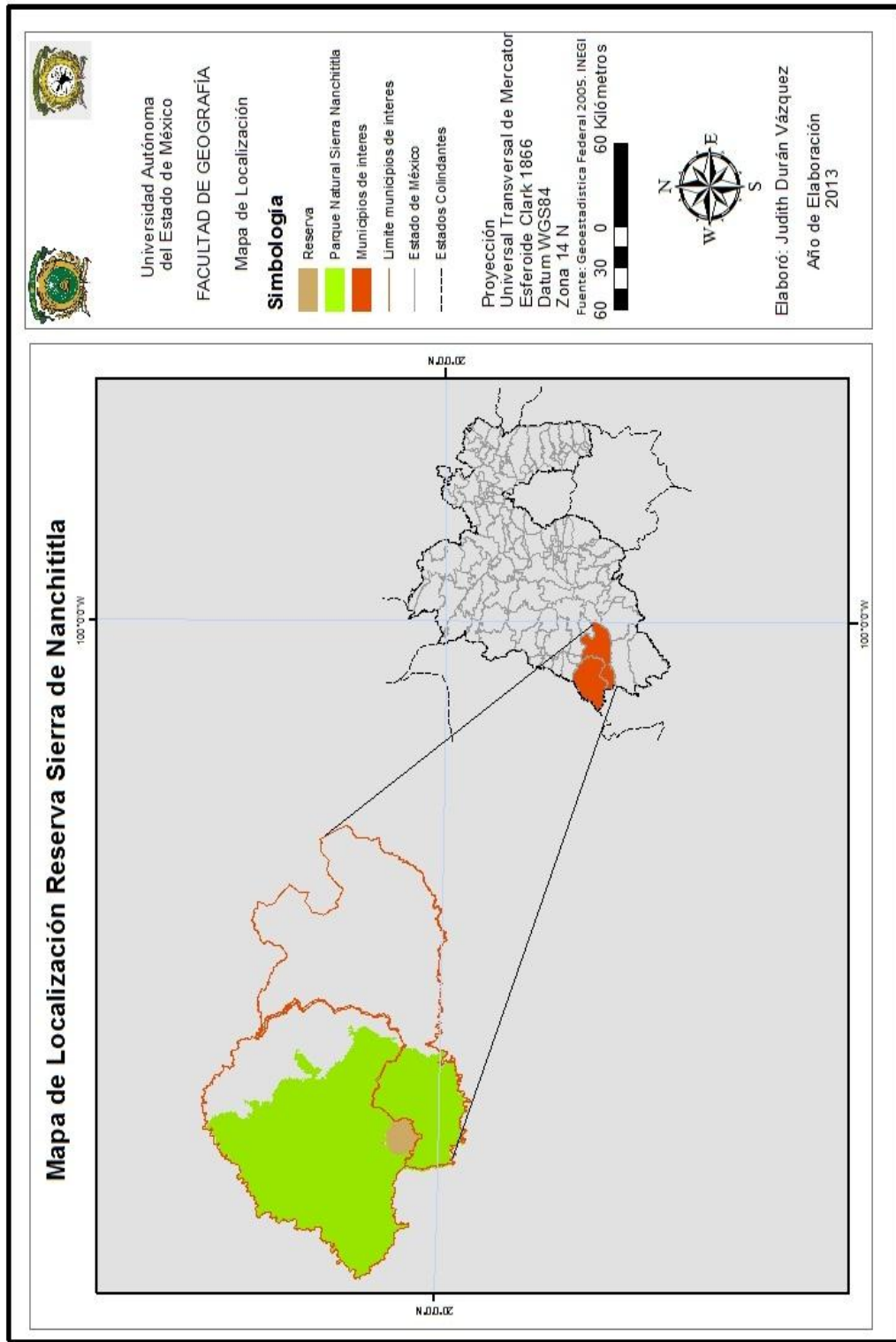


Figura 3. Mapa de localización del PNSN y la Reserva

CARACTERIZACIÓN FÍSICO - GEOGRÁFICA

Fisiografía

El PNSN pertenece a la provincia de la Sierra Madre del Sur, Subprovincia del Balsas, esta abarca en el estado de México un área de 4,992.323 km, lo que representa el 21.48% de la superficie total de la entidad. Comprende los municipios de: Ixtapan del Oro, Santo Tomás, Otzoloapan, Zacazonapan, San Simón de Guerrero; Almoloya de Alquisiras, Sultepec, Tlatlaya, Amatepec y Tejupilco. Uno de los sistemas de topofomas más importantes que están presentes en esta Subprovincia es la sierra compleja con cañadas, caracterizada por contener gran variedad de rocas como: esquisto, basalto y aluviones continentales. Otros sistemas o geoformas que se encuentran en la Subprovincia son: la gran sierra compleja con mesetas, el lomerío, el valle de cañadas convergentes con lomerío, el valle de laderas tendidas y la meseta lávica.

Los suelos son de origen coluvión –aluvial y residual, su fertilidad es de moderada a alta, por lo que pueden ser utilizados en actividades agrícolas, pecuarias y forestales, aunque algunas zonas presentan acidez (SEMARNAT, 2006).

Geología

Se ubica dentro del Complejo Orogénico de Guerrero-Colima, el cual consiste en una serie de secuencias volcánicas sedimentaria del Jurásico-Cretácico, y Arcos de Isla. Estas secuencias se ven afectadas por un metamorfismo regional de bajo grado, cubiertas por rocas intrusivas félsicas y volcánicas del terciario inferior.

Con base a la carta geológica de INEGI (1984) el área de la reserva representa una zona de gran interés ya que tiene rocas muy antiguas pertenecientes al Jurásico Terciario y rocas jóvenes del Cenozoico. Las primeras están representadas por las formaciones Xochipila y Argelia, aunque en su mayoría se encuentra Roca Volcánica del Terciario, la cual contiene abundante material volcánico en forma de derrames de lava andesíticos y andesítico-basáltico, con estructuras de almohadillas. Su topografía se distingue por un relieve bajo resultado de sus derrames: la Pastora, las Palmas, Pelón y el Sombrero. De esta misma edad geológica corresponden los depósitos aluviales localizados en los cauces de los ríos como el Pungarancho, Bejucos, o en algunas depresiones tales como las localizadas al sur de Hermiltepec y la zona de la población de Luvianos. En algunas zonas se presentan algunas fracturas provocando un metamorfismo.

Edafología

En el Parque se encuentran unidades de suelo Regosol, Fluvisol, Vertisol, Feozem, Litosol, Cambisol, Luvisol y Acrisol (GEM-UAEM- Scouts. 1999).

La Clasificación de suelos se encuentra basada en el sistema de clasificación propuesto por la Food and Agriculture Organización (FAO) (2001).

Se debe de tomar en cuenta que la clasificación de suelos es fundamental para la planeación, uso y manejo del espacio, siendo las características propias de cada uno de ellos las que definen los elementos que permiten la determinación y uso específico de cada uno de estos, para así poder ser aprovechados de manera racional en cuanto a sus potencialidades de su uso o manejo. En este estudio, a través de los suelos se deducirán las posibles causas de la formación de cárcavas o canales para lograr la identificación de áreas susceptibles a la formación de cárcavas por medio de la erosión hídrica. De acuerdo con la constitución litológica de la reserva y el tipo de clima, dominan los siguientes tipos:

Regosol: suelos poco evolucionados sobre material no consolidado, son pobres en materia orgánica, y característicos de las pendientes donde el rejuvenecimiento por la erosión interviene de forma intensa. Es un suelo delgado, no presenta capas distintas; por lo general son suelos claros y se parecen bastante a la roca que los subyace, cuando no son muy profundos. Su fertilidad es variable, así como su susceptibilidad a la erosión, dependiendo del estado de conservación de la cubierta vegetal. Se caracterizan por encontrarse tanto en el clima cálido subhúmedo, como en el clima semicálido.

Su uso agrícola esta principalmente condicionado a su profundidad y al hecho de que presenta pedregosidad media. La cubierta vegetal varía desde selva baja caducifolia, bosque de pino –encino y encinares.

Feozem: suelos de pradera confinados, donde las oscilaciones de temperatura son bastante amplias. Se encuentran a una topografía de plana a ligeramente ondulada; casi están ausentes en pendientes de moderadas a pronunciadas, su característica principal es una capa superficial oscura rica en materias orgánicas y nutrientes con procesos de lixiviación, donde los materiales solubles del suelo sufren de deslaves. Son suelos someros por lo que sus rendimientos son menores y tienden a erosionarse con mucha facilidad.

Los Feozem están confinados, en gran parte a condiciones continentales en donde las oscilaciones de la temperatura son bastante amplias. El tipo de arcillas minerales está determinado por la composición original del material parental y no por los procesos pedogénicos. Aunque generalmente se presentan ilitas, su porcentaje de saturación de bases es mayor o igual al 50% sobretodo en la parte superior del perfil y posee marcada acumulación de materia orgánica (Patrick, 1984).

Estos suelos tienen una fertilidad natural elevada y producen buenas cosechas, que a menudo pueden aumentarse con la aplicación de fósforo y cuando se practican cultivos intensos es necesario aportar otros fertilizantes. Se usan para el cultivo de granos como: maíz, trigo y avena. A veces se les usa en forma exclusiva para consumo humano, mientras que en otras se les destina a uso forrajero en las granjas en que se obtienen. Tanto la erosión por el viento como por el agua representan un serio peligro y todo el tiempo se deben de practicar métodos de control. En la superficie de la reserva el Feozem es un suelo que se encuentra en varias condiciones climáticas, por lo que se desarrolla sobre diversos materiales rocosos, el uso óptimo de este suelo depende de terrenos en zonas planas cuya pendiente vaya de 0° a 20°. Son utilizados para agricultura de riego o de temporal, pastoreo o la ganadería con resultados relativamente aceptables con un manejo adecuado. En la cercanía de los poblados de Cañadas y Palos Prietos se presenta un gran desarrollo de cárcavas debido a las condiciones y actividades desarrolladas en el sitio.

Leptosol: son suelos muy someros sobre roca continua a 30 cm o menos. Son extremadamente gravillosos o pedregosos con un alto contenido de carbonato cálcico, se desarrollan principalmente en tierras con altitud de media a alta, con topografía fuertemente disectada. Se encuentran en todas las zonas climáticas, muchos de ellos en regiones secas, cálidas o frías en particular en áreas fuertemente erosionadas. Se caracterizan por observar muy poco espesor, su profundidad es menor de 10 cm. y de muy débil desarrollo al formarse sobre rocas compactas; así que se define por una débil o nula diferenciación del perfil. Tiene menos del 10% de tierra fina sobre una profundidad de al menos 75 cm. Se aprecian en relieves de laderas, barrancas, lomeríos y algunos terrenos planos con pendientes de 0° hasta 60°. La fertilidad y la susceptibilidad a erosionarse dependen de la zona en donde se encuentren, es decir, de la topografía y el tipo de material que lo conforma, así como de la cubierta vegetal. Este tipo de suelo ocupa una porción al norte de la reserva.

Acrisol: se identifican por la acumulación de arcilla que presentan, por sus colores rojos, amarillos o amarillos claros con manchas rojas y por ser generalmente ácidos o muy ácidos. Son moderadamente susceptibles a la erosión. En condiciones naturales presentan vegetación de selva baja caducifolia y bosque de encino (García, 2001)

Su uso óptimo es para el cultivo de frutales tropicales, en cuyo caso se obtienen rendimientos de medios a altos; se utilizan también para ganadería de pastos inducidos o cultivados proporcionando rendimientos medios, en la agricultura presenta rendimientos muy bajos. Sus valores del pH son de alrededor de 5.5 y relativamente uniformes en todo el suelo. El mapa edafológico de la zona de estudio se hizo con base a la carta edafológica del mismo tema de INEGI (1999), ya que no se tienen datos de reciente creación (figura 4).

Edafología, Reserva Sierra Nanchititla

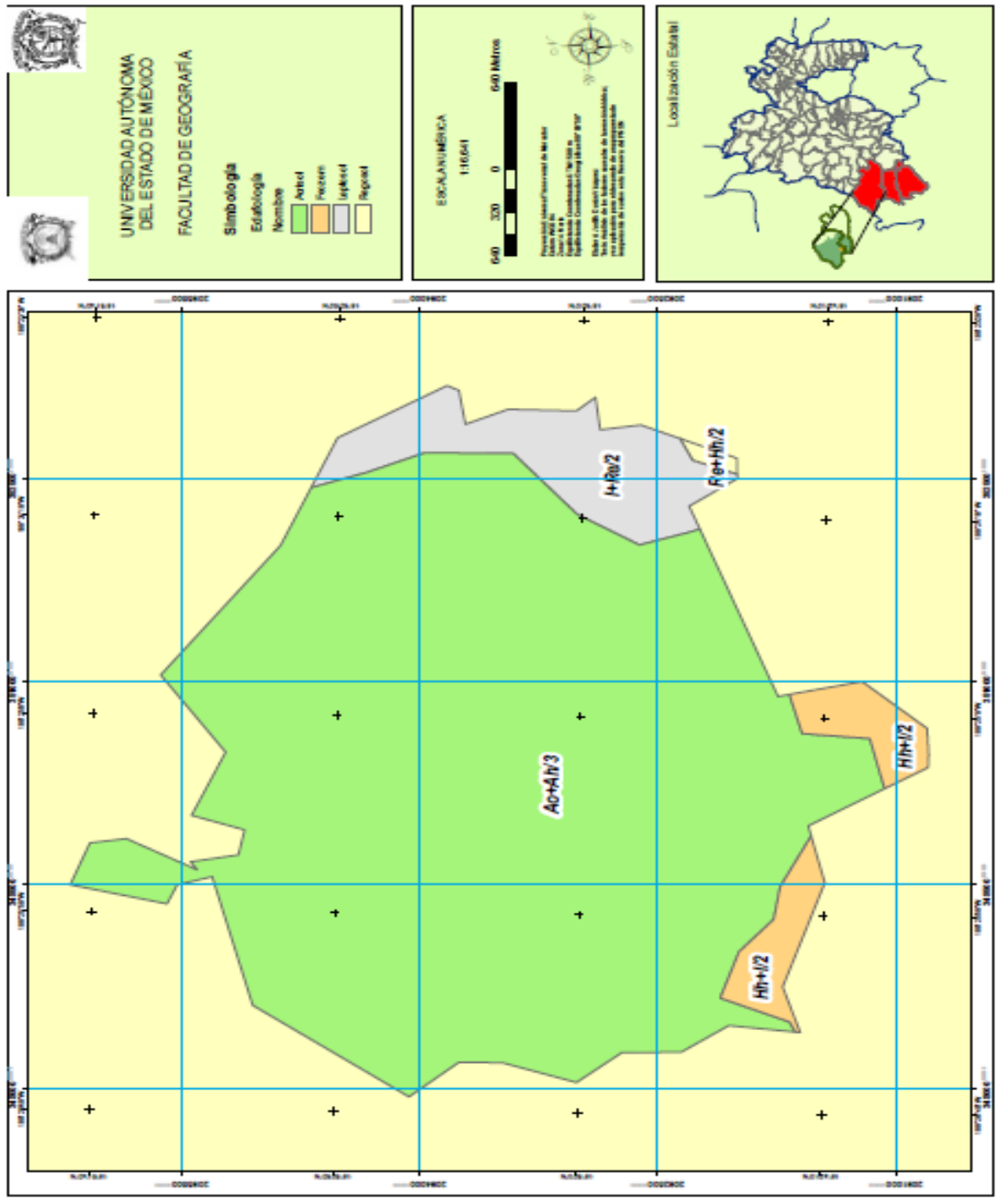


Figura 4. Mapa Edafológico de la Reserva

Hidrología

La zona cercada de la Sierra Nanchititla (propiedad del Gobierno del Estado) se localiza dentro de la subcuenca del río el Salto, cubre una superficie de 31.10 km². Presenta una red fluvial de tipo dendrítico, donde sus corrientes son intermitentes y de primer orden. El río es considerado de cuarto orden y tiene una dirección noreste-sureste, y una longitud de 13 km. El río da lugar a la cascada que se encuentra al sur de la misma y desemboca en el río Bejucos. Entre sus escurrimientos principales están los ríos los Limos, Palos Prietos, el Cuervo y las Cañadas.

La red fluvial de la reserva se extiende arbitrariamente por toda el área, al no encontrar obstáculos en sus cursos debido a la pendiente, composición de la roca, forma del relieve, y a la deforestación en la reserva, pues sin cubierta vegetal que retenga al agua, los escurrimientos forman una red fluvial dendrítica.

La pendiente es uno de los factores más importantes en la densidad de las corrientes, por lo que al asociarse a la forma del relieve, los procesos de deforestación, práctica de la ganadería y agricultura, la red fluvial favorece que se presente una rápida erosión de las rocas así como la disminución de la cubierta vegetal y la apertura de nuevas áreas de pastizal.

La recarga de los acuíferos, se da por infiltración vertical, producto de la precipitación y en menor porción por flujo horizontal subterráneo, siendo la calidad del agua aceptable para el consumo humano, de igual manera los manantiales y bordos son utilizados para el desarrollo de la agricultura (Herrera, 1996).

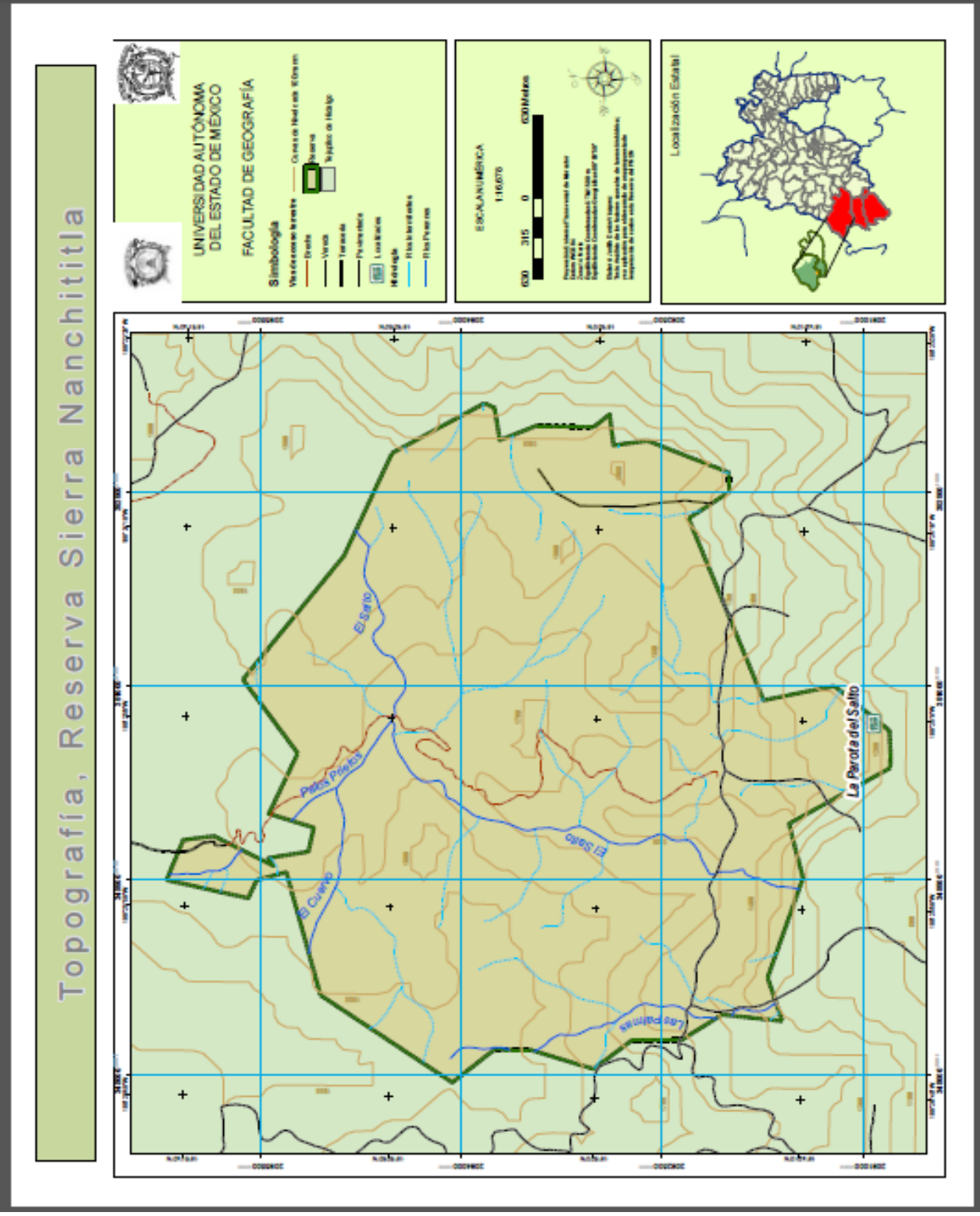


Figura 5. Mapa Topográfico de la Reserva

Geomorfología (exógena)

La Reserva del parque Nanchititla se encuentra constituida principalmente por las geoformas siguientes: Macizo Montañoso, Lomeríos, Laderas Altas, Laderas bajas y Pie de Monte. De acuerdo al Programa de Manejo del Parque de Recreación Popular Sierra de Nanchititla (GEM-UAEM- Scouts, 1999)

En numerosas ocasiones la actividad humana contribuye a favorecer la erosión, aunque la actividad ganadera extensiva y las prácticas agrícolas de roza, tumba y quema han originado este proceso, conjugándose con otros elementos como el clima, los tipos de suelos y afloramientos de rocas. Una vez eliminada la vegetación se introduce el ganado, provocando la compactación del suelo o su erosión de tal manera que al llover se van formando numerosos escurrimientos de corta longitud (Valencia, 2005).

- ☞ Laderas abajo en altitudes entre 1700 y 900 msnm, el tipo de roca y suelo por sus colores rojos, amarillos o amarillos claros son deslenzables y sus pendientes oscilan entre los 10° a 20° y su vegetación es menos densa, lo que favorece ligeros escurrimientos fluviales.
- ☞ En altitudes entre los 1400 y 500 msnm, por presentar pendientes de 10° a 30° y tipo de roca menos consolidada, se identifica una erosión fuerte, favorecida por la pendiente y los usos de suelo de ganadería extensiva.
- ☞ En las partes bajas de la sierra, entre las cotas de 700 a 420 msnm, con pendientes de 20° y suelos someros es característica la morfología denominada pata de vaca siendo el resultado de una intensa actividad ganadera, provocando erosión y compactación del suelo (Lugo,1989).
- ☞ En las partes altas de la sierra se presentan acantilados o escarpes, formados de material ligeramente consolidado, que provocan procesos gravitacionales como desprendimientos de rocas. En las localidades de Palos Prietos y Nanchititla se presenta el desarrollo de cárcavas en pendientes entre 6° y 15°, sobre suelo Acrisol rico en arcillas y más susceptible a la erosión. Esta área se encuentra desprovista de vegetación por las actividades agrícolas y ganaderas, favoreciendo la pérdida del suelo.

Geoformas, Reserva Sierra Nanchititla

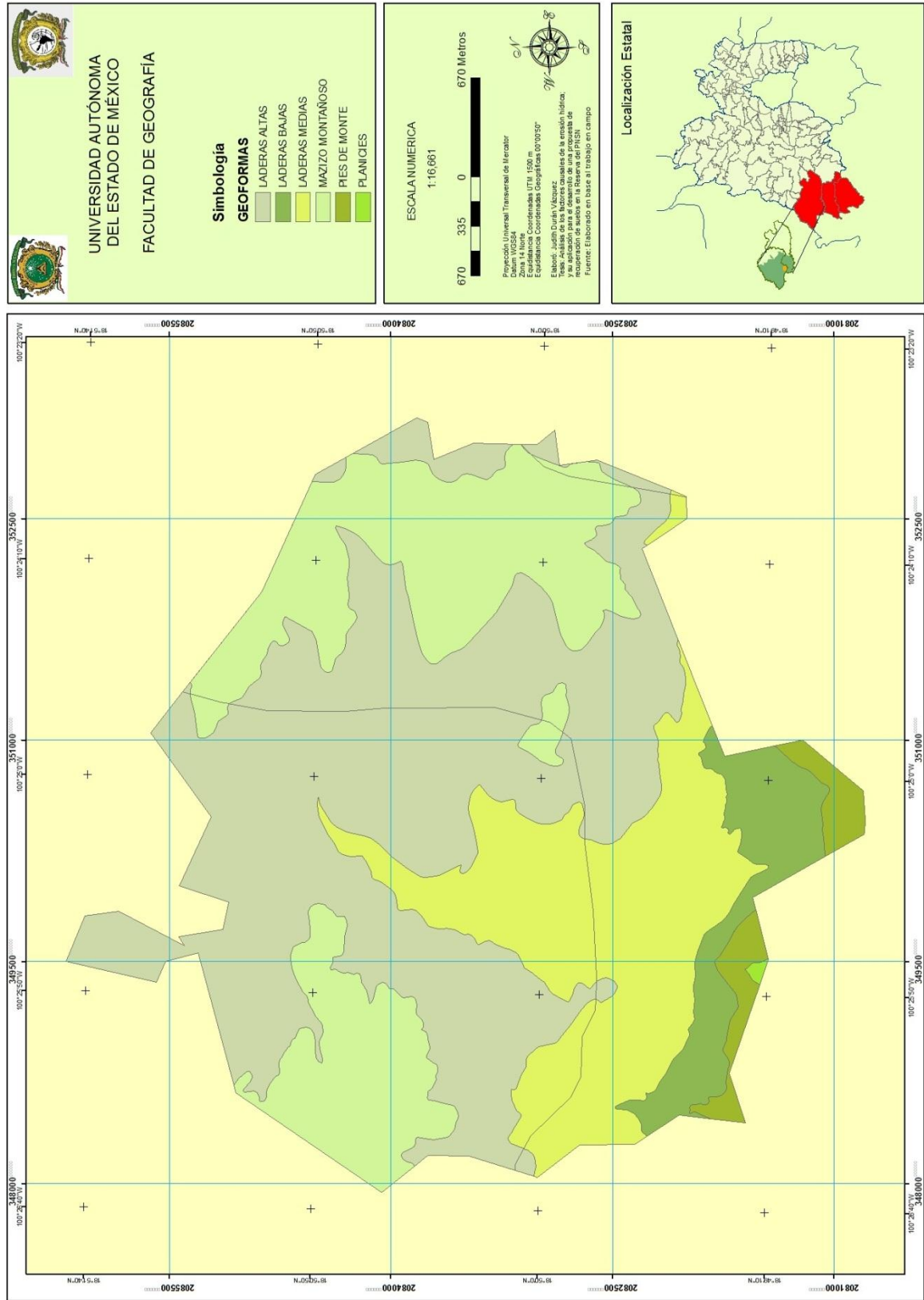


Figura 6. Mapa de Geoformas de la Reserva

Clima

En la región hay climas cálidos o zonas climáticas tropicales lluviosas, propios de la latitud existente entre el trópico de Cáncer y el Ecuador, de una escasa continentalidad y de la latitud, entre otros. La sierra se encuentra, influenciada por cuatro tipos de clima bien definidos, según el Sistema de Clasificación Climática de Köppen (García, 1983).

Cuadro 2. Climas existentes en el PNSN

Clima	Grupo de Clima
Aw ⁰ (w) (e) g	Cálido
Aw ⁰ (w) (i') g	Cálido
Aw ¹ (w) (i') g	Cálido
A(C)W ² (w) (i') g	Semicálido

Fuente: INEGI, 1999

Aw⁰(w) (e) g: considerado dentro del grupo de climas cálidos con coeficiente de precipitación de 42.3 mm, haciéndolo subhúmedo y con un porcentaje de lluvia invernal menor a 5 mm; presenta sequía intraestival. Sus valores térmicos son extremos, entre 7° y 14° C. La temperatura más alta se registra antes del solsticio de verano.

Aw⁰(w) (i') g: Clima cálido, subhúmedo (el más seco de los cálidos), con porcentaje de lluvia invernal inferior a 5; tiene poca oscilación térmica anual, entre 5° C y 7° C. La temperatura más alta ocurre antes del solsticio de verano.

Aw¹(w) (i') g: Cálido, subhúmedo (con humedad moderada), posee un porcentaje de precipitación invernal inferior a 5; presenta poca oscilación térmica anual, entre 5° C y 7° C. La temperatura más alta se tiene antes del solsticio de verano.

Aunque en la Reserva solo se presentan estos tipos de clima siendo los más predominantes en esta área (Figura 7).

A(C) w²(w) (i') g; dentro de los semicálidos, se considera subhúmedo, (el más húmedo de los húmedos), con precipitación en invierno menor a 5%; con la escasa variación térmica. La temperatura más elevada ocurre antes del solsticio de verano presentando una marcha de temperatura anual tipo Ganges.

Awg; tropical lluvioso, con temperatura media del mes más frio, presenta lluvias en verano principalmente en ambientes de selvas altas o bajas siendo normalmente caducifolias.

Vegetación

Por su ubicación geográfica, la Sierra de Nanchititla forma parte de la provincia florística de la depresión del Río Balsas. Presenta una gran variedad de hábitats, desde la selva baja caducifolia al bosque de pino-encino, además de vegetación secundaria y cultivos.

La selva baja caducifolia y sus etapas sucesionales, que ocurren por efecto de las actividades humanas, constituyen la vegetación predominante en las partes bajas de la Sierra de Nanchititla. La mayoría de sus elementos presentan troncos de formas torcidas y ramificados a baja altura. La vegetación secundaria se desarrolla en toda el área que ha sido talada para dedicarla al cultivo, la ganadería y se encuentra sobre todos los tipos de suelo y rocas, tanto ígneas como sedimentarias.

Dentro de la reserva la vegetación es densa predominando el bosque de pino- encino. El bosque de galería es una comunidad que ocupa una franja continua que se extiende a lo largo de los márgenes de los ríos; en su composición florística sobresale la vegetación de bosque contigua de bosque tropical caducifolio y vegetación secundaria. Permanece verde durante todo el año y la altura de sus elementos es considerablemente mayor que la de los organismos de la vegetación adyacente (Figura 8).

En el mapa de uso de suelo dentro de la reserva no aparece la selva baja ya que se encuentra a una mayor altitud con dirección al sur. En campo se verifico el uso de suelo para esta zona, que resulto de bosque pino-encino.

Climas, Reserva Sierra Nanchititla

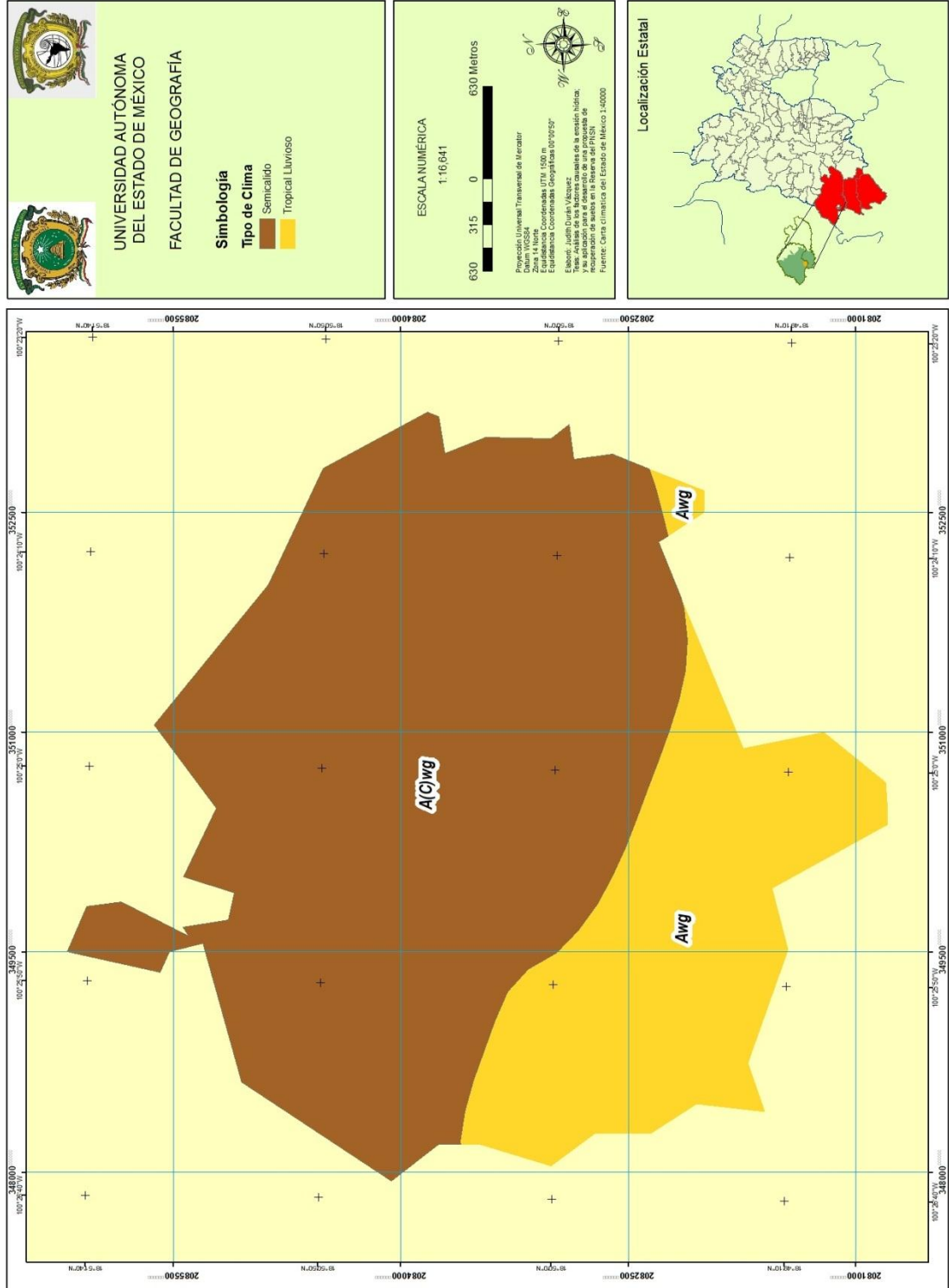


Figura 7. Mapa de Climas de la Reserva

Uso del Suelo

Cuadro 3. Uso de Suelo en la Reserva

USO DE SUELO	Has	%
Bosque de Encino	292	17.6
Bosque de Encino con Vegetación Secundaria arbustiva y herbácea	289	17.4
Bosque de Pino-Encino(incluye encino-pino)	1,075	64.8
Pastizal Inducido	4	0.3
TOTAL	1,659	100 %

Las zonas de uso agrícola se ubican en las partes bajas de Luvianos y el Reparó de Nanchititla. Se han observado zonas donde existe desmonte para el establecimiento de zonas agrícolas, el cultivo que principalmente se desarrolla es el maíz y en menor proporción; jitomate, tomate, calabaza, frijol, sandía, mango, pepino, papaya y algunas otras hortalizas. El grueso de los cultivos es de temporal.

La actividad ganadera es considerada como de mayor importancia económica, debido a la abundancia de terrenos semiplanos y dispersos, permitiendo el desarrollo del pastoreo extensivo o rotativo practicado en la reserva. Se considera como principal factor en el deterioro de grandes extensiones, principalmente la de ganado bovino de especies que soportan el clima cálido, como el cebú, el suizo, el charoláis y algunas otras. Aunque se aprecia una sobre carga animal en las zonas de pastoreo, la apertura de nuevas áreas a la ganadería ha puesto una presión adicional a los bosques con todo esto la ganadería es considerada como uno de los principales factores de perturbación.

Por otra parte la explotación forestal de no maderables se destina al consumo doméstico, medicinales, ornamentales, lo que impulsa la recolección familiar y la ubicación de aserraderos comercializando con grandes cantidades de recursos forestal maderable.

El uso urbano dentro de la reserva no se considera ya que como es un área protegida solo pueden pasar los pobladores de una comunidad a otra pero hasta ahora no se ha construido ninguna obra de infraestructura urbana.

Aspecto Ambiental

Las principales actividades humanas productivas son la agricultura y la ganadería así como los aprovechamientos (legales e ilegales) forestales, que benefician a las personas que viven alrededor de la reserva. Estas actividades tienen alto impacto ambiental en la estabilidad y conservación de los recursos naturales a corto, largo y mediano plazo.

Los incendios y las diversas actividades del hombre provocan que la estructura del suelo se pierda. La vocación natural del suelo es forestal y es una de las pocas zonas relativamente bien conservadas en el Estado de México.

La erodabilidad del suelo está condicionada por factores físicos tales como los climáticos (precipitación), características fisiográficas, aunado al sobrepastoreo del ganado doméstico que reduce la cubierta vegetal, la implementación de caminos o brechas cortafuegos resultado de actividades extractivas en áreas forestales de los bosques de pino-encino y la apertura de nuevas zonas que han sido desmontadas para ser utilizadas para el pastoreo o la agricultura han provocado que las zonas que presentan estas características en la reserva están sometidas a procesos erosivos.

Sin embargo, las áreas que se muestran con mayor impacto y que están generando un proceso erosivo más agresivo son aquellas donde se ha llevado a cabo la implementación de caminos o su mejoramiento como las brechas cortafuegos. Una consecuencia directa del desmonte de la vegetación natural y de acciones que facilitan que los procesos erosivos propicien la formación acelerada de cárcavas. La ausencia de vegetación, junto con una alta precipitación y pendientes pronunciadas, originan que los escurrimientos superficiales sean mayores, el impacto de las gotas de lluvia directamente sobre la superficie del suelo facilita el arrastre o desprendimiento de partículas del suelo, además la infiltración del agua de lluvia por el suelo se ve considerablemente reducido en estas áreas (Rosales, 1996).

Uso de Suelo, Reserva Sierra Nanchititla

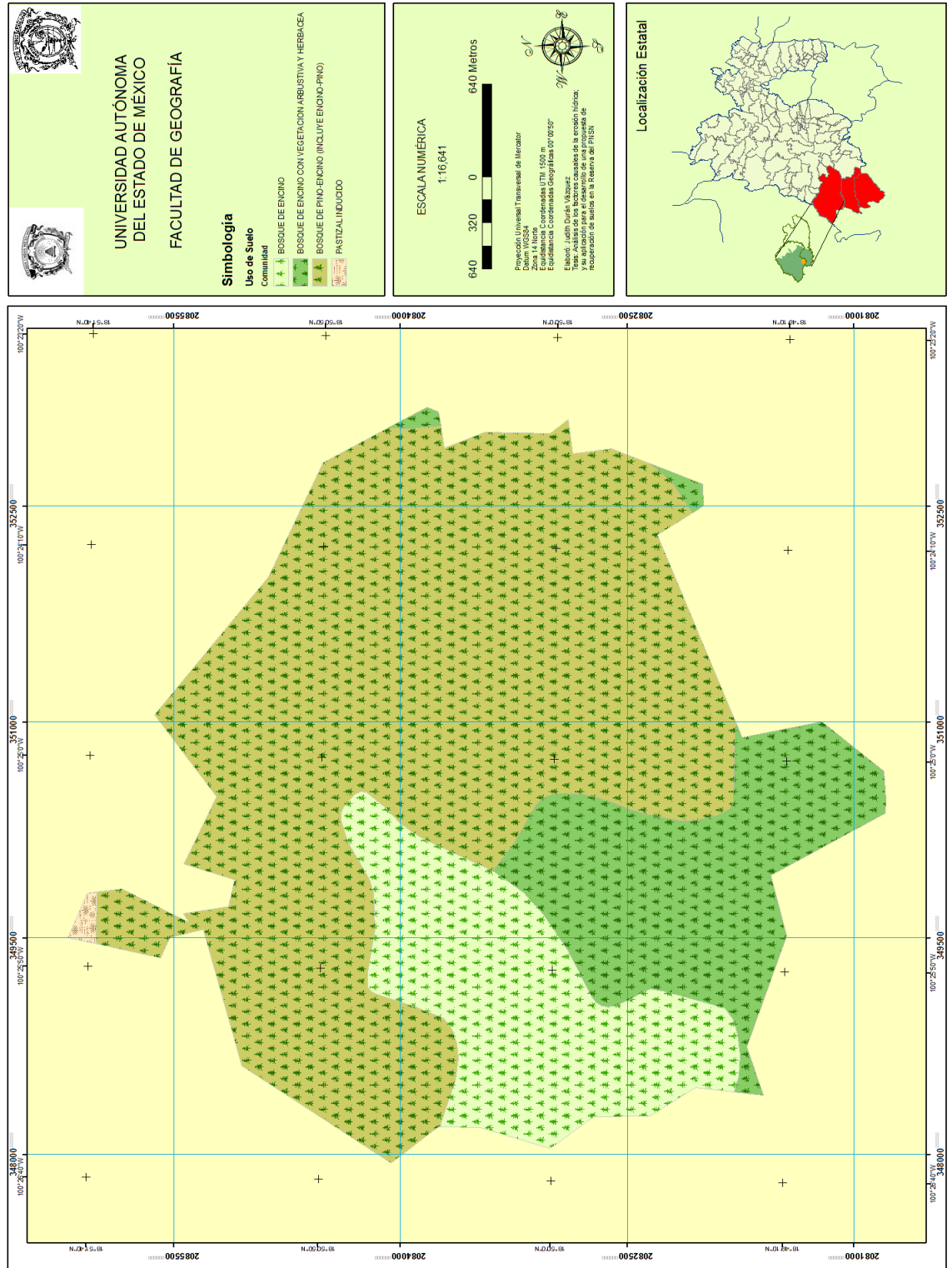


Figura 8 .Mapa de Uso de Suelo de la Reserva

Aspectos Demográficos

Resulta de gran importancia conocer la situación de la población ya que la actividad humana contribuye a favorecer los procesos de erosión o degradación del suelo hasta causar su agotamiento. Por ello se comentan diversos aspectos estructurales de una población para así poder englobar las diversas problemáticas presentes dentro de la Reserva y poder detener la destrucción de los ecosistemas.

Muy cercano a la reserva se localizan dos comunidades: Palos Prietos y Parota del Salto. En ellas se desarrollan varias actividades que provocan la pérdida del suelo. Los habitantes de estas dos localidades son el factor primordial de que el suelo en algunas partes se encuentra más afectado; ya que han convertido zonas de cultivo en áreas abiertas al sobrepastoreo o paso de ganado, causando la infertilidad del suelo y cambiándolo hasta convertirlo en lugares abandonados sin uso.

La actividad que provee los mayores ingresos monetarios a la mayoría de las familias es la ganadería en los terrenos semiplanos dispersos, que permite el desarrollo del pastoreo extensivo principalmente ganado bovino y de especies que soportan climas cálidos como el cebú, el suizo y el charoláis. La mayor parte de la población se dedica al sector primario y otra proporción más pequeña al sector secundario y terciario a causa de esto los ingresos que reciben son bajos es por esto que las familias se dedican también al cultivo y siembra de maíz, jitomate, tomate, calabaza, frijol, sandía, melón, papaya y limón. Estos productos son vendidos en las localidades cercanas para facilitar el comercio dentro del municipio.

Las viviendas de las dos localidades más cercanas a la reserva en su mayoría se encuentran construidas de madera con lamina las cuales solo cuentan con luz eléctrica y una que otra con agua potable, aunque las personas que cuentan con un mayor terreno destinan un área determinada para siembra de diversas especies. En la mayoría de las familias existen más personas de la tercera edad y niños pequeños, pero siempre es el padre de familia es el que lleva el mando del hogar. Se observan flujos migratorios debido a que en la sierra existen pocas fuentes de trabajo y de superación para los jóvenes.

Respecto a los servicios de salud la mayoría cuentan con el Seguro popular aunque la infraestructura de salud es muy escasa por lo que existen solo tres centros de salud en Hermiltepec, Bejucos y Cañadas los cuales son insuficientes para brindar el servicio. Aunado a esto los niveles de educación en su mayoría son muy pocos y con niveles de preescolar o primaria y en otros no existe a causa de esto la mayoría de la población es analfabeta y sin un grado de estudios por eso solo se dedican a la agricultura y la ganadería.

Un problema es la pobreza extrema en la población del área natural protegida, ya que esto los obliga hacer o dejar que hagan uso de manera irracional de los recursos naturales. La falta de actividades alternativas a las tradicionales como son la ganadería y agricultura extensivas así como los aprovechamientos forestales legales e ilegales, genera un alto impacto ambiental en el sitio. Las áreas que se muestran con mayor impacto que están generando un proceso erosivo más agresivo son aquellas donde se ha llevado a cabo la implementación de caminos o su mejoramiento o brechas cortafuegos, como una consecuencia directa del desmonte de la vegetación natural, acciones que facilitan a los procesos erosivos a moverse de manera más acelerada en la formación de cárcavas.

Debemos tomar en cuenta que a veces no es de gran importancia el número de habitantes de un sitio si no por lo contrario es de mayor valor los recursos que se utilizan o se llevan para cumplir con ciertos fines, resultando de mayor relevancia el impacto que día a día sufren los ecosistemas aunque sea solo por una persona.

CAPITULO III

MATERIALES Y METODO

El método utilizado incluye diversas actividades y concepciones teóricas, que se relacionaron con el trabajo de campo, fueron integradas en un software para representarles de manera cartográfica. A continuación se presentan los procedimientos utilizados para el desarrollo de la Metodología del presente trabajo:

La determinación de la erosión hídrica se desarrolló empleando la metodología de ASSOD-GLASSOD, propuesta por Oldeman (1990). Esta consta de la elaboración de un mapa base y de la evaluación de la degradación del suelo, siendo esta la más usada para este tipo de estudios adoptando la categoría de degradación por desplazamiento del material del suelo teniendo como agente causativo a la erosión hídrica.

Para la elaboración del mapa base en primer lugar se determinó el área de estudio así mismo se procedió a la identificación de las características físico-geográficas de la reserva. Estas unidades se definieron de acuerdo con la propuesta de SEMARNAT (2006), que contempla aspectos tales como: geología, edafología, climáticas, uso de suelo, geformas y vegetación. Al tener definidas las Unidades Ambientales se les determino el Índice de Erosión Laminar a través de la metodología propuesta por SEDESOL (1989).

La evaluación de la erosión se complementó con la metodología ASSOD (1997) modificada de la GLASOD para determinar el Grado de Erosión en cada una de las Unidades Ambientales tomando en cuenta los criterios establecidos por Stocking y Murnaghan contenidos en el manual de Casanova (2008) con los que a su vez se determinaron los diversos factores presentes en las cárcavas, así como la clase de erosión, el tipo de cubierta vegetal, lavado superficial y arrastre de sedimentos

Se verificó en campo que el factor causal es la erosión hídrica, señalado a través de categorías de degradación originada por el desplazamiento de materiales del suelo. Esto se comprobó en los ocho puntos de verificación ya señalados con sus coordenadas correspondientes, los cuales se distribuyen espacialmente comenzando por lo que es la entrada a la reserva siguiendo el camino a los barreales y por último el filo cabe mencionar que esta área es la más susceptible a la erosión hídrica dentro de la reserva la cual ha sufrido varias alteraciones naturales y antrópicas.

La obtención de la Información Básica de los datos se realizó en dos partes; la primera en trabajo de gabinete y la segunda en trabajo de campo.

- Trabajo de Gabinete

La recopilación de la información referente a los factores que causan la degradación de suelos y la cartografía del área de estudio se tomó de diversas cartas temáticas generadas por instituciones y autores especializados. Así se elaboró la descripción de mapas cartográficos en sus diversas temáticas como topográficos, geológicos, climatológicos, de vegetación y edafológicos.

Considerando los Indicadores: tiempo de ocurrencia de la erosión y clases de degradación, registrados con un GPS. El método de representación cartográfica utilizado fue el de puntos, obteniendo al mismo tiempo la relación de los datos puntuales, con las zonas que presentan erosión hídrica.

- Trabajo de Campo

El trabajo de Campo consistió en:

- La identificación de las características físicas del área de estudio.

- Recorridos mensuales por la reserva para la identificación de áreas susceptibles a la erosión hídrica.

- Observación e Identificación de las Cárcavas y canales en la Reserva.

- Verificación de la información documental con lo observado en campo a través de los diversos Indicadores de Degradación erosiva de suelos, según el Manual de Indicadores de Degradación Erosiva de Suelos, Agua, Viento y Gravedad de Casanova (2008).

- Aplicación de la herramienta de un cuestionario a la población, para obtener información sobre las actividades económicas desarrolladas dentro de la Reserva, así como de las técnicas que aplican para trabajar sus tierras.

El cuestionario tuvo Preguntas Estructuradas; pues se basa en preguntas y respuestas que facilitan recoger opiniones acerca de las diversas actividades desarrolladas dentro de la reserva. Se diseñaron algunas tablas que fundamentan los datos obtenidos en relación con la propuesta, aunque el número de personas cuestionadas fue mínimo ya que nos encontramos dentro de la reserva (Sampiere, 1990).

Diseño de la Propuesta

Con la información obtenida de los diversos métodos para determinar el tipo, grado de erosión y con los resultados del cuestionario, se diseñó la propuesta de restauración y/o recuperación de los suelos erosionados; utilizando la metodología del Enfoque del Marco Lógico (Camacho, 2001).

Con el EML se representaron los principales problemas de la reserva en un árbol de problemas, siendo la base para la generación de escenarios deseables en un árbol de objetivos. Con ello se elaboró la matriz de planificación, para el diseño del proyecto de restauración y recuperación de suelos por erosión hídrica.

Los Pasos del Enfoque del Marco Lógico

De acuerdo con Camacho (2001), la forma clásica de aplicación y utilización de este enfoque consta de cinco pasos de discusión que sistematizan las tareas durante las fases ya descritas.

Análisis de Problemas

Los problemas se relacionan siempre con las personas. Si personas no existiría la relación causa – efecto; el análisis de la situación, es de hecho un análisis de participación y de la situación de los problemas. Se deben identificar los problemas que afectan a los grupos inicialmente priorizados; establecer las relaciones que existen entre esos problemas y elaborar un diagrama de causas y efectos entre ellos. Este es el llamado método *árbol de problemas*, permite tener una visión parcial de la realidad estructurada en torno a los problemas de un grupo, estableciendo las relaciones de causalidad. Para la representación de este diagrama se necesita lo siguiente:

- ❖ Identificar los problemas existentes
- ❖ Escribir cada problema
- ❖ Determinar cuál de ellos ocupa un lugar central
- ❖ Determinar las causas del problema, preguntándose por qué se produce esa situación considerada indeseable
- ❖ Explicar las causas que a su vez subyacen en éstas
- ❖ Establecer los efectos provocados por el problema central
- ❖ Comparar las relaciones causales

Análisis de objetivos

Los objetivos de desarrollo del programa se crean a partir de los resultados del análisis de problemas y de la solución de problemas que afectan a las personas. Se trata de construir un árbol de objetivos que en principio sea una copia en positivo del árbol de problemas, donde la relación causal pasa a convertirse en una relación de carácter instrumental. El árbol de objetivos se diseña bajo tres condiciones: a) los problemas se expresan como objetivos; b) se comprueba la relación de medios – fines, la pregunta clave es ¿Cómo? c) se dibuja el diagrama que será el inverso en positivo del árbol de problemas.

Análisis de participación

Esta etapa tiene como objetivo tener una visión precisa de la realidad social sobre la que el programa pretende incidir; establecer “quien es quien” dentro de la realidad social (Beneficio directo del programa). Es importante considerar cuestionamientos como ¿qué o quiénes se encuentran en situación de mayor necesidad? ¿Qué o quiénes parecen tener mayores posibilidades de apreciar los beneficios generados por la intervención? ¿Qué conflictos pueden suponerse que ocurrirían al apoyar determinadas acciones? ¿Beneficiarios directos? ¿Beneficiarios indirectos? ¿Naturales o excluidos? ¿Perjudicados u oponentes? ¿A quién queremos mejorar antes de determinar qué es lo que queremos hacer?

En esta realidad las personas y problemas forman una combinación insoluble que es importante separar y reconocer que no existen problemas generales que afecten de igual manera a los varios actores sociales.

Análisis de Alternativas

La función primordial, en este caso, es comparar las diferentes opciones que pueden identificarse en el árbol de objetivos, rechazando las que presenten un grado excesivo de incertidumbre y seleccionando las alternativas consideradas óptimas. Aquí se termina la etapa de identificación y comienza la formulación de la intervención en la selección de alternativas. Las preferencias justificadas y consensuadas de los participantes en el proceso juegan un papel esencial en la toma de decisiones y presentan un registro básico para el éxito de la futura intervención.

Para valorar las alternativas se utilizan varios criterios: recursos disponibles, tiempo estimado, adecuación de prioridades, riesgos identificados, contribución de cada alternativa, efectos generados por el logro de los objetivos, vinculación entre las distintas alternativas y los grupos seleccionados como beneficiarios directos y viabilidad de cada alternativa, correspondiente a un análisis cualitativo de las mismas.

Matriz de Planificación y diseño

La matriz de planificación y diseño del programa es la herramienta metodológica del Enfoque del Marco Lógico donde se presentan sistemáticamente los principales componentes del diseño; existiendo una relación vertical y horizontal entre todos los elementos. La estructura horizontal indica que todo resultado u objetivo se expresa mediante un indicador verificable objetivamente que debe tener una fuente de verificación (Diagrama 1).

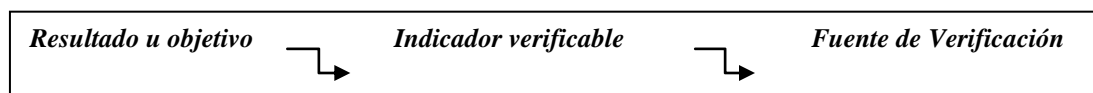


Diagrama 1. Elementos de la estructura de la matriz de planificación y diseño

La propuesta para la recuperación de suelos se diseñó de acuerdo con este Enfoque del Marco Lógico, porque esta metodología permite relacionar los problemas y manejar las secuencias que directa o indirectamente pueden coadyuvar al diseño de la propuesta.

Así mismo la valoración cualitativa de las alternativas se realizó considerando siete criterios básicos: costo, tiempo, concentración sobre los beneficiarios, riesgos sociales, impacto ambiental, impacto de género, y viabilidad; los cuales son propuestos por el EML (Camacho, 2001): asignando a cada criterio y alternativa una cualidad mediante el establecimiento de tres expresiones: alto, medio y bajo (Cuadro 6).

Los valores cualitativos asignados a cada criterio y alternativa muestran los valores numéricos: bajo=1, medio=2, alto= 4 los cuales forman parte de la matriz de planificación. Incluyendo además, nueve alternativas que se obtuvieron del árbol de objetivos establecido en esta investigación que a continuación se presentan:

- I. Identificación de áreas susceptibles a la erosión
- II. Aumento de la cubierta vegetal
- III. Recuperación, control y disminución de la erosión
- IV. Diversidad de técnicas de recuperación
- V. Establecimiento de programas de prevención, combate y control de incendios
- VI. Establecimiento de estrategias de educación ambiental

VII. Aumento de coordinación institucional y comunidades aledañas

VIII. Normatividad Adecuada

IX. Aumento de Personal en el PNSN (reserva).

Para el análisis de alternativas cuantitativas consistió en la asignación de números (del 1 al 4) así los valores asignados a cada criterio y alternativa se multiplican por el coeficiente asignado en el análisis cuantitativo, resultando un subtotal numérico por criterio- alternativa y la suma de estos da como resultado el total de cada alternativa, donde las puntuaciones mayores significan importancia superior formando parte de la matriz de planificación en función de los siete criterios establecidos.

La matriz de planificación del proyecto constituye la base de la propuesta de conservación de suelos, estrategias para conservar o aprovechar el recurso suelo y crear conciencia en la población de la valoración natural y cultural con la que cuenta la reserva para el mejoramiento de sus condiciones ambientales y tomar conciencia de los pobladores sobre el daño ocasionado a este espacio, aunque también de manera indirecta por las personas que la visitan.

Evaluación de la Degradación de suelos

Las técnicas y métodos actualmente empleadas para realizar la cuantificación de suelos que año tras año se pierden por la erosión hídrica son múltiples, además pueden realizarse directamente en campo.

Se utilizó la metodología ASSOD (1997) que es una modificación de la denominada GLASOD, propuesta por Oldeman (1991). La metodología ASSOD (1997) fue tomada para la realización de la Evaluación de la Degradación del Suelo causada por el hombre a nivel nacional.

En esta metodología se reconocen dos grandes categorías de procesos de degradación del suelo: la degradación por desplazamiento del material del suelo, que tiene como agente causal a la erosión hídrica o eólica y la degradación resultante de su deterioro interno, que considera en la actualidad a los procesos de degradación física y química únicamente.

A continuación se enlistan los tipos de degradación considerados así como sus descripciones y posibles causas, así mismo se evaluarán cada uno de los factores que intervienen para un mejor análisis dentro de la reserva, logrando obtener los criterios más específicos para la realización del proyecto de restauración y recuperación de suelos en la reserva.

Tipos de degradación y otras unidades de acuerdo a la metodología ASSOD

Hs: *Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial (laminar /lavado superficial).*

-Descripción: Disminución del espesor del suelo superficial (horizonte A), debido a la remoción uniforme del material del suelo por la escorrentía.

-Posibles causas: Manejo inapropiado de las tierras forestales, agrícolas y ganaderas que provocan una cobertura insuficiente del suelo. Una falta de obstáculos para detener la escorrentía o el deterioro de la estructura del suelo, lo cual conduce a la producción de escurrimientos superficiales excesivos.

Hc: *Erosión hídrica con deformación del terreno (presencia de cárcavas, de canales o movimiento de masas).*

-Descripción: Una remoción irregular del material del suelo por erosión o movimiento de masas mostrando canales y cárcavas sobre el terreno.

-Posibles causas: Manejo inapropiado de las tierras forestales, agrícolas y ganaderas o por actividades de construcción, que provocan la producción de una cantidad excesiva de escurrimientos sin ningún obstáculo.

Ha: *Efectos de la erosión hídrica fuera del sitio*

-Descripción: Se distinguen tres subtipos: sedimentación en presas, ríos o arroyos, inundaciones y contaminación de cuerpos de agua por sedimentos producto de la erosión.

Qd: *Declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica.*

-Descripción: Decremento neto de nutrimentos y materia orgánica disponibles en el suelo, que provocan una disminución en la productividad.

-Posibles causas: Balance negativo de nutrimentos y materia orgánica entre las salidas, representadas por los productos de las cosechas, de las quemadas, las lixiviaciones, etc., y las entradas, entendidas como la fertilización o el estercolamiento, la conservación de los residuos de cosecha y los depósitos de sedimentos fértiles.

Fc: *Compactación*

-Descripción: Deterioro de la estructura del suelo por el pisoteo del ganado o por el paso frecuente de maquinaria.

-Posibles causas: Uso frecuente de maquinaria pesada con efectos acumulativos; sobrepastoreo o una capacidad de carga animal mayor a la del índice de agostadero. Factores que influyen en la compactación son: apisonamiento sobre el terreno (por las llantas de la maquinaria usada); frecuencia en el paso de maquinaria; textura del suelo, humedad del suelo y el clima.

Fe: *Encostramiento y sellamiento*

Descripción: Relleno de poros con material fino y desarrollo de una capa impermeable en la superficie del suelo que impide la infiltración del agua de lluvia.

-Posibles causas: Suelos con una cobertura vegetal pobre; efecto máximo del golpeteo de las gotas de lluvia; destrucción de la estructura del suelo y bajo contenido de materia orgánica.

Además, existen los terrenos estables y los terrenos sin uso, los primeros pueden ser naturales o por la influencia humana y se define como sigue:

SN: *Estable bajo condiciones naturales:* Influencia humana (casi) ausente sobre la estabilidad del suelo y gran cobertura de vegetación no disturbada. Nota: algunas de estas áreas pueden ser muy vulnerables a pequeños cambios que afectan el equilibrio natural.

SH: *Estable bajo la influencia humana:* Esta influencia puede ser pasiva, es decir, sin medidas especiales para mantener la estabilidad del suelo, o activa, a través de la implementación de acciones para prevenir o revertir la degradación.

Finalmente, se tiene a:

UN: *Tierras sin uso:* Tierras sin vegetación y con influencia (casi) ausente sobre la estabilidad del suelo; se consideraron: desiertos (NUd), regiones áridas montañosas(NUm), afloramientos rocosos (NUr), dunas costeras (NUc) y planicies salinas (Nuz). Se pueden presentar en ellas procesos de degradación en forma natural.

Factores Causales

Se adoptarán los mismos grupos propuestos en la Metodología ASSOD, que se indican con una letra minúscula:

a: Actividades agrícolas

Se definen como el manejo inapropiado de los terrenos arables. Incluye una amplia variedad de prácticas; tales como: problemas por labranza, uso de agroquímicos, uso de abonos, uso de agua de riego de mala calidad y por la quema de residuos de cosecha. Los tipos de degradación comúnmente asociados con este factor son: erosión (hídrica y eólica), compactación, pérdida de nutrientes, salinización y contaminación (por pesticidas y fertilizantes).

f: Deforestación y remoción de la vegetación

Se define como la remoción de la vegetación natural (usualmente bosque primario y secundario), en grandes extensiones territoriales, para cambiar el uso de la tierra a agrícola y urbano, principalmente; para explotar comercialmente bosques a gran escala o por incendios inducidos. La deforestación frecuentemente causa erosión y pérdida de nutrientes.

e: Sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico

Contrario a la “deforestación y remoción de la vegetación natural”, este factor causativo no involucra, la remoción de la vegetación “natural”, sino más bien, su degeneración provocando una protección insuficiente contra la erosión. Se incluye en este grupo a la recolección excesiva de leña, la producción de carbón y al uso de la madera como cercos, postes o polines.

g: Sobrepastoreo

Además del común sobrepastoreo de la vegetación por el ganado, se incluyen a otros factores relacionados con un número excesivo de cabezas de ganado, tal como el pisoteo. El efecto del sobrepastoreo usualmente es la compactación del suelo y/o la disminución de la cubierta vegetal, que provoca mayor erosión del suelo tanto por el agua como por el viento.

i: Actividades Industriales

Incluye todas las actividades humanas de naturaleza industrial; minas abandonadas, desfogues de industrias, aguas residuales, derrames de petróleo y basureros, siendo relacionadas con diferentes tipos de contaminación (ya sea como fuentes o de forma secundaria) y con la pérdida de la función productiva.

u: Urbanización

Se considera a todas las actividades efectuadas por la industria de la construcción, provocando la pérdida de la función productiva del suelo.

Nivel de afectación de la degradación del suelo

Para este se consideraron cuatro niveles que son:

(1)Ligero: terrenos aptos para sistemas forestales, pecuarios y agrícolas locales que presentan alguna reducción apenas perceptible en su productividad.

(2)Moderado: terrenos aptos para sistemas forestales, pecuarios y agrícolas locales que presentan una marcada reducción en su productividad.

(3)Fuerte: terrenos a nivel de predio o de granja, tienen una degradación tan severa, que se pueden considerar con productividad irrecuperable a menos que se realicen grandes trabajos de ingeniería para su restauración.

(4) Extremo: su productividad es irrecuperable y su restauración materialmente imposible.

Extensión de la degradación del suelo

Se refiere a la Unidad Ambiental que se encuentra afectada por la degradación ya que en cada Unidad se pueden reportar uno o más tipos de erosión hídrica, aunque también existen las tierras estables o sin uso.

Tasa de degradación del suelo

Indica la rapidez o la velocidad de la degradación en los últimos 5 o 10 años o su tendencia, la cual se identifica con un símbolo.

+: Con incremento ligero en la degradación

0: Sin cambio en la degradación

-: Con disminución en la degradación

Para representar sobre los mapas el tipo de degradación dominante dentro de cada unidad ambiental la simbología empleada se ilustra con el siguiente ejemplo:

Hs1.50 (0) a Dónde:

Hs=Erosión hídrica con pérdida de suelo superficial

1= Nivel de afectación de la degradación

50= Extensión dentro de la Unidad

(0)=Tasa de degradación, sin cambios en los últimos 5-10 años.

a=Factor causativo, actividades agrícolas.

CAPITULO IV

RESULTADOS

El mapa de Unidades ambientales presenta las unidades que a continuación se describen:

XVIIC Planicie

La geología de esta unidad pertenece a la Roca Volcánica-Terciario, con un suelo de tipo Feozem de textura fina. Tiene pequeños deslaves, que a su vez provocan un menor arrastre de la capa superficial del suelo en comparación con otras unidades. Presenta una topografía plana o ligeramente ondulada con pendientes entre 0 a 3°, existe bosque de encino con vegetación arbustiva y herbácea. Es la unidad de menor tamaño.

XVIC Pie de monte

Esta geoforma presenta diversos elementos naturales (dos ríos) y una de las comunidades. Presentando un bosque de encino con vegetación arbustiva y herbácea. El tipo de suelo es el Feozem con una textura fina y su clima tropical lluvioso favorece a la vegetación. Su pendiente tiene un grado de inclinación de 0° a 3° y de 3° a 6°. Su comportamiento es estable pues no se ha encontrado material de arrastre del suelo en la corteza ya que es una zona ligeramente ondulada.

IVC Ladera baja

El tipo de suelo es Feozem y tiene textura fina. La geología es de Roca Volcánica del Terciario. Presenta un bosque de encino con vegetación arbustiva y herbácea que impide la eliminación de la cubierta vegetal del suelo. En estas zonas el tipo de clima tropical y las elevadas temperaturas actúan de manera directa favoreciendo a la erosión.

VIIIC y VIIID Ladera media

Estas unidades se encuentran desprovistas de vegetación y de materia orgánica, lo que provoca un deslave de la capa superficial del suelo. Al encontrarse en un bosque de encino, se vuelven más susceptibles a la erosión y al desprendimiento de arcillas, desarrollándose en sitios planos con mayor rapidez.

ID, IC y IA Ladera alta

Presentan una geología de Roca Volcánica del Terciario. La pendiente oscila de 0° hasta 60°. Presentando bosques de encinos y pastizales su vegetación es menos densa. Esto favorece ligeros escurrimientos fluviales, la pérdida de fertilidad del suelo y la susceptibilidad a erosionarse. Aquí se encuentra la cárcava # 1 con un grado de erosión ligero por el lugar donde se localiza.

XIIID, XIID, XVIIC, XIIIIA y XIIIIC Macizo montañoso

En estas unidades ambientales se localizan la mayoría de las cárcavas ya que las altas temperaturas han provocado la pérdida de suelo. El clima semicálido a tropical y la disminución del bosque por diversas actividades, hacen que presenten la mayor erosión. Se verifico en campo cada uno de los factores que han alterado este sitio. Actualmente ya no se realiza ninguna actividad productiva, ya que la mayoría de estos sitios están desnudos.

De la elaboración del mapa base de UA se definieron 29 unidades, donde se determinó con base al Índice de erosión laminar que la erosión dominante era Ligera (1527.39 has, 79.36%) y en menor proporción Moderada (397.24 has, 20.64%) (Cuadro 4; Figura 9).

Cuadro 4 Cálculo de erosión en la Reserva

Grado de Erosión	Superficie has.	%
Ligera	1527.39	79.36
Moderada	397.24	20.64
Total	1924.63	100.00

La determinación del grado de erosión laminar utilizando la metodología propuesta por la SEDESOL (1998) permite tener una aproximación del factor causante de la erosión (hídrico o eólico) así como el grado de degradación. Sin embargo no se logra tener un dato a mayor detalle el cual a través de los recorridos en campo se logró completar al identificar áreas con mayor susceptibilidad a erosión las cuales presentan superficies con un grado de erosión más avanzado causado por varios factores además del hídrico, aunque en la tabla la erosión dominante se representa como ligera, en campo se representa por la moderada así con el propósito de verificar y analizar a mayor detalle los factores causantes o procesos de la erosión en el área de estudio, se utilizó la metodología ASSOD propuesta por Oldeman (1997) y los criterios establecidos por Stocking y Murnaghan, (2000) contenidos en el manual de Casanova (2008).

Cuadro 5. Parámetros para el cálculo del índice de erosión laminar por UA.

N° UA	UA	IALLU	CAERO	CATEX	CATOP	CAUSO	Índice Erosión	Grado de erosión	Superficie (ha)
1	IA	52.67	2	0.1	3.5	0.12	4.42	Ligera	31.63
2	IC	52.67	2	0.1	3.5	10	3.68	Ligera	841.77
3	ID	52.67	2	0.1	3.5	10	3.68	Ligera	100.58
4	IIIC	52.67	2	0.1	3.5	10	3.68	Ligera	48.55
5	IIID	52.67	2	0.1	3.5	10	3.68	Ligera	38.69
6	IVA	52.67	2	0.1	0.35	0.12	0.44	Ligera	3.82
7	IVC	52.67	2	0.1	0.35	10	0.36	Ligera	198.13
8	IVE	52.67	2	0.3	0.35	10	1.1	Ligera	179.05
9	IVG	52.67	2	0.3	0.35	0.12	1.32	Ligera	15.59
10	VIII E	52.67	2	0.3	3.5	10	11.06	Moderada	0.32
11	VIII A	52.67	2	0.1	3.5	0.12	4.42	Ligera	74.35
12	VIII C	52.67	2	0.1	3.5	10	3.68	Ligera	56.14
13	VIII D	52.67	2	0.1	3.5	10	3.68	Ligera	290.80
14	VIII E	52.67	2	0.3	3.5	10	11.06	Moderada	115.67
15	XIII D	52.67	2	0.1	11	10	11.58	Moderada	133.81
16	XIII F	52.67	2	0.3	11	0.12	41.71	Moderada	1.34
17	XIII A	52.67	2	0.1	11	0.12	41.71	Moderada	4.74
18	XIII C	52.67	2	0.1	11	10	13.9	Moderada	4.26
19	XIII D	52.67	2	0.1	11	10	11.58	Moderada	5.96
20	XVI A	52.67	2	0.1	0.35	0.12	34.76	Moderada	1.05
21	XVI C	52.67	2	0.1	0.35	10	0.44	Ligera	173.99
22	XVI E	52.67	2	0.3	0.35	10	0.36	Ligera	85.36
23	XVI G	52.67	2	0.3	0.35	0.12	0.36	Ligera	18.27
24	XVII A	52.67	2	0.1	0.35	10	0.44	Ligera	55.38
25	XVII C	52.67	2	0.1	0.35	10	0.36	Ligera	97.25
26	XVII E	52.67	2	0.3	0.35	10	0.36	Ligera	107.81
27	XVII G	52.67	2	0.3	0.35	0.12	1.1	Ligera	114.10

Nota: UA: unidad ambiental; IALLU: índice de agresividad de lluvia; CAERO: capacidad de erodabilidad; CATEX: capacidad de textura; CATOP: calificación topográfica; CAUSO: calificación de uso de suelo.

ANALISIS DE LOS FACTORES CAUSALES DE LA EROSION HIDRICA

La mayoría de las cárcavas presentes en la reserva comienzan por ser de menor tamaño, hasta llegar a ser de 9 a 12 metros de extensión, de 40 cm a 1.20 m de ancho y de 0.20 cm a 1.50 m de profundidad. En la entrada del sitio conocido como los Barriales, son menores pero conforme avanzan, las cárcavas encontradas son de mayor extensión.

La mayoría de ellas están sufriendo un proceso de erosión hídrica muy fuerte debido a las épocas de lluvia y sequía. Algunos fenómenos naturales como las sequías y los incendios se intensifican, teniendo graves consecuencias como pérdida de cubierta forestal, de especies faunísticas y hábitats, lo que genera más erosión. El material arrastrado por las corrientes de agua por lo regular es arcilloso. Al ser depositado en las partes bajas de la cárcava ocasiona un lavado superficial del suelo somero y deleznable. En cambio, en otros sitios donde ya se encuentra eliminada la vegetación y se introduce el ganado, se compacta el suelo al erosionarse. Al llover van formándose diversos escurrimientos de varias longitudes, lo que hace difícil obtener beneficios del cultivo del maíz.

Dentro de la Reserva habitan dos pequeñas poblaciones que provocan una alteración en los diversos ecosistemas, ya que practican actividades agrícolas generando erosión del suelo y deforestación. Las cárcavas se van extendiendo en el espacio sin que haya solución para detenerlas.

En este medio natural existen un sinnúmero de factores los cuales han sido principalmente la causa de estos procesos siendo unos de manera natural y otros con la presencia del hombre pero sin duda alguna el desarrollo de este tipo de cárcavas se ha visto un poco más acelerado por la actividad humana.

Las actividades humanas que afectan a la reserva son:

- 1.-Actividades agrícolas
- 2.-Actividades turísticas
- 3.-Nueva apertura de tierras de pastoreo

Estas actividades se relacionan entre sí. Es necesario conocer las propiedades y características del suelo y de su actividad predominante, para lograr implementar acciones que minimicen la erosión.

En las áreas erosionadas representadas las Unidades Ambientales se sugiere realizar las siguientes acciones:

- Proponer el descanso prolongado de la tierra (barbecho), después de ser utilizada por periodos cortos de actividad agrícola, producto de la tradicional roza-tumba y quema.
- Cultivar de forma perpendicular a la pendiente siguiendo las curvas de nivel.
- Realizar obras de control de cárcavas como reforestación con especies arbustivas y pequeñas obras de retención de suelos con materiales de la región.
- Implementar programas de Reforestación
- Aplicar técnicas que sirvan para detener el paso de sedimentos para no provocar el azolve de ríos.

Hasta ahora no se han tomado las medidas necesarias para mitigar la erosión. La erosión hídrica ha actuado de manera directa sobre la capa superficial del suelo, causando la formación de canales y cárcavas de forma acelerada.

Mediante el trabajo de Campo se registraron los sitios con presencia de erosión hídrica a través de la formación de cárcavas, su registro consistió en tomar las coordenadas geográficas de su localización mediante un receptor GPS, estas áreas se representaron cartográficamente.

A continuación se describen las características de los sitios localizados en el área de la Reserva.

CARCAVA # 1

Localización Geográfica 18° 51' 47.45" Lat. Norte, 100° 25' 53.00" Long. Oeste

Altitud: 1674 msnm, Ubicación: Camino a los Barriales

Esta Cárcava muestra erosión superficial a causa de la lluvia. Se encuentra marcada por la escorrentía de superficies suavizadas que producen remoción irregular del material del suelo, provocando una reducción en la producción agrícola. La erosión es alta con presencia de lavado superficial y disminución de materia orgánica con raíces expuestas. Esto se produce por mal manejo de los terrenos arables, abonos o el sistema de rosa –tumba y quema. Alrededor de ésta se presentan rocas de regular tamaño y vegetación baja. Tiene una pendiente de 10° que ha provocado un mayor deslizamiento y sedimentación del material rocoso hacia las partes bajas de la cárcava.

A continuación se presentan los niveles y tasa de degradación asignada por el método ASSOD en la cárcava resultando **Hs3.50+g**, erosión hídrica con pérdida de suelo superficial y lavado de suelo presentando una ligera reducción en su productividad, la parte afectada de la unidad por la erosión se muestra en un 50% con un incremento en la degradación del suelo a causa de las actividades agrícolas y la compactación del suelo.



Largo: 9.0 m.

Profundidad: 0.93 m.

Ancho: 0.47 m.

Alto: 2.83 m.

Figura 10. Aspecto de la Cárcava # 1. Trabajo de Campo 2010.

Cárcava # 2

Localización Geográfica 18° 50' 52.37" Lat. Norte, 100° 25' 53.00" Long. Oeste

Altitud: 1771 msnm

Esta cárcava se encuentra muy marcada por la esorrentía de la lluvia, que descarga materiales de limo directamente a los cursos aguas abajo. Se muestra el daño a los caminos en este sitio donde ya se aplicó la técnica de presa de gavión para detener el arrastre de materiales. Aunque la vegetación en sus alrededores es de gran tamaño no impide el arrastre del suelo en las épocas de lluvia, ya que se encuentra con la capa superficial del suelo y provoca una mezcla de partículas convirtiéndose en lodo. Cuando llueve todo el material se arrastra a las partes bajas. A nivel de campo la erosión es moderada principalmente el suelo se encuentra desnudo existiendo el riesgo por flujos de barro así como la disminución de la fertilidad del suelo al presentar colores claros.

A continuación se presentan los niveles y tasa de degradación asignada por el método ASSOD en la cárcava resultando **Hs2.40+f**, erosión hídrica con pérdida de suelo superficial y lavado superficial, presenta una reducción en su productividad, la parte afectada de la unidad por la erosión se muestra en un 40% con un incremento moderado en la degradación del suelo a causa de la remoción de la vegetación natural en grandes extensiones.



Largo: 4.0 m.

Profundidad: 0.15 m.

Ancho: 40 cm.

Figura 11. Aspecto de la Cárcava # 2. Trabajo de Campo 2010

Cárcava # 3

Localización Geográfica 18° 50' 47.08" Lat. Norte, 100° 25' 50.95" Long. Oeste

Altitud: 1799 msnm

Esta cárcava se encuentra muy seca y lisa en comparación con las demás. Se aprecia muy marcado el nivel de la superficie original con disminución de materia orgánica por ser de colores claros. El suelo muy árido es de gran extensión. A nivel de campo la erosión es moderada por la presencia de raíces de árboles expuestas. No cuenta con cubierta vegetal, el suelo está desnudo y sin ninguna protección. Muestra un ligero encostramiento en los alrededores de esta cárcava. Como estos sitios se encuentran desnudos han sido abandonados y en ellos no se realiza ninguna actividad agrícola.

A continuación se presentan los niveles y tasa de degradación asignada por el método ASSOD en la cárcava resultando **Hc2.25+f**, presenta erosión hídrica con una remoción del material del suelo por la erosión causado por el mal manejo de las tierras agrícolas. Presenta cárcavas sobre la superficie, de regular tamaño. Hay una reducción de fertilidad para estos terrenos afectando un 25% de la unidad con un incremento en la degradación, que año con año aumentará, hasta dejar desnudo el sitio. No tiene vegetación natural.



Largo: 10.0 m.

Profundidad: 0.45 m.

Ancho: 0.70 m.

Figura 12. Aspecto de la Cárcava # 3. Trabajo de Campo 2010

Cárcava # 4

Localización Geográfica 18° 50' 53.16" Lat. Norte, 100° 25' 57.76" Long. Oeste

Altitud: 1805 msnm

Esta cárcava se desarrolló sobre un suelo desnudo sin protección y sin cubierta vegetal. Su ubicación es propicia para favorecer la erosión ya que presenta un suelo con encostramiento superficial. El terreno se encuentra marcado por algunos canalículos espaciados que provocan problemas a los caminos. A nivel de campo es una erosión moderada principalmente porque el material que desprende es grueso y los materiales rocosos son de gran tamaño. Genera el riesgo de flujo de barro a las partes bajas de la cárcava, porque está desprovisto de vegetación.

A continuación se presentan los niveles y tasa de degradación asignada por el método ASSOD en la cárcava resultando **Hs2.25+f**, con erosión hídrica y pérdida de suelo superficial. Presenta reducción en su productividad. La unidad se encuentra afectada en un 25% con un incremento en su degradación. La pérdida de nutrimentos del suelo lo ha convertido en un suelo desnudo y estéril.



Largo: 7.0 m.

Profundidad: 0.40 m.

Ancho: 2.0 m.

Figura 13. Aspecto de la Cárcava # 4. Trabajo de Campo 2010.

Cárcava # 5

Localización Geográfica 18° 50' 35.20" Lat. Norte, 100° 25' 57.76" Long. Oeste

Altitud: 1817 msnm

Esta cárcava tiene gran extensión y profundidad. En ella, la lluvia ha golpeado más fuertemente, causando grandes grietas. El material de arrastre se va a aguas abajo, es un material arcilloso. Las rocas encontradas en esta cárcava son lisas, con forma de cantos rodados y presencia de algunos fragmentos de regular tamaño lo que indican la remoción del suelo en las partes más bajas. A nivel de campo la erosión es alta aunque con presencia de raíces expuestas que han marcado a través del tiempo la superficie original del suelo. No tiene vegetación y la poca que se encuentra son árboles grandes pero afectados por erosión. Algunos se encuentran un poco movidos de su posición original y con poca presencia de materia orgánica. Dentro de la cárcava hay pequeños hoyos donde se deposita el material de arrastre.

A continuación se presentan los niveles y tasa de degradación asignada por el método ASSOD en la cárcava resultando **Hc3.80+f**, muestra erosión hídrica y remoción de material del suelo por la acción de la erosión hídrica. Presentando cárcavas sobre la superficie de mayor tamaño, que pueden ir aumentando de manera regular ya que la parte afectada de la unidad es de un 80% y la vegetación natural ha sido removida.



Largo: 20.10 m.

Profundidad: 1.30 m.

Ancho: 1.20 m.

Figura 14. Aspecto de la Cárcava # 5. Trabajo de Campo 2010

Cárcava # 6

Localización Geográfica 18° 50' 27.02" Lat. Norte, 100° 25' 57.36" Long. Oeste

Altitud: 1781 msnm

Esta cárcava presenta formaciones de una red continua de cárcavas. Tiene fuerte encostramiento en su suelo, el cual se encuentra desprovisto de vegetación. Presenta afloramientos rocosos de gran dimensión que han propiciado que el suelo sea estéril. La erosión a nivel de campo es moderada debido a que el terreno tiene canales largos de gran extensión, existe riesgo de polución si la escorrentía descarga directamente a los cursos de agua.

A continuación se presentan los niveles y tasa de degradación asignada por el método ASSOD en la cárcava resultando **Hc2.60+g**, tiene una erosión hídrica con remoción irregular del suelo mostrando cárcavas que producen marcada reducción en la productividad del suelo. Hay un 60% de afectación a la unidad que se incrementa lenta pero destructivamente. En esta zona se practica el sobrepastoreo y la apertura de caminos.



Largo: 2.30 m.

Profundidad: 1.50 m.

Ancho: 0.60 m.

Figura 15. Aspecto de la Cárcava # 6. Trabajo de Campo 2010.

Cárcava # 7

Localización Geográfica 18° 49' 51.31" Lat. Norte, 100° 25' 19.60" Long. Oeste

Altitud: 1554 msnm

En este sitio el suelo de la cárcava esta principalmente desprovista de vegetación. Tiene poca materia orgánica y presenta afloramientos rocosos expuestos a la lluvia. El encostramiento superficial que presenta es causado por lluvia. También hay lavado superficial, lo que a la vez provoca la formación de pequeños canalículos. El suelo está desnudo. A nivel de campo la erosión es moderada. Esto ha provocado una inclinación de los árboles que se encuentran en este sitio. En estas áreas ya no se realiza ninguna actividad agrícola a causa de la erosión.

A continuación se presentan los niveles y tasa de degradación asignada por el método ASSOD en la cárcava resultando **Hc2.40+f**, las cárcavas son una manera de alteración al suelo. Hay remoción de material en varios espacios lo que provoca la reducción de su productividad. En esta unidad, la afectación es de un 40% con un incremento lento, y presenta deforestación



Largo: 2.0 m.

Profundidad: 0.70 m.

Ancho: 1.2 m.

Figura 16. Aspecto de la Cárcava # 7. Trabajo de Campo, 2010.

Cárcava # 8

Localización Geográfica 18° 49' 55.42" Lat. Norte, 100° 23' 50.75" Long. Oeste

Altitud: 1855 msnm, Ubicación: Rumbo al Filo

Esta zona presenta canales. Los suelos se encuentran desprovistos de vegetación. Son ricos en materia orgánica y arcilla. Es muy baja la concentración de sedimentos en la escorrentía, y el único proceso de erosión a nivel de campo es considerado ligero. En este sitio se llevan a cabo algunas actividades de recolección de madera, semillas y frutos también se usa como camino hacia otras poblaciones.

A continuación se presentan los niveles y tasa de degradación asignada por el método ASSOD en la cárcava resultando **Hs1.15+g**, el lavado del suelo es el principal factor de la erosión hídrica, al arrastrar el suelo a las partes más bajas, formando depósitos de arcilla en grandes cantidades, de manera muy lenta. En esta unidad la alteración es de 15% y se puede disminuir aplicando técnicas de conservación y evitando la introducción del ganado en estas áreas para recuperar las propiedades físicas del suelo.



Largo: 0.70 m.

Profundidad: 0.20 m.

Ancho: 0.15 m.

Figura 17. Aspecto de la Cárcava # 8. Trabajo de Campo, 2010.

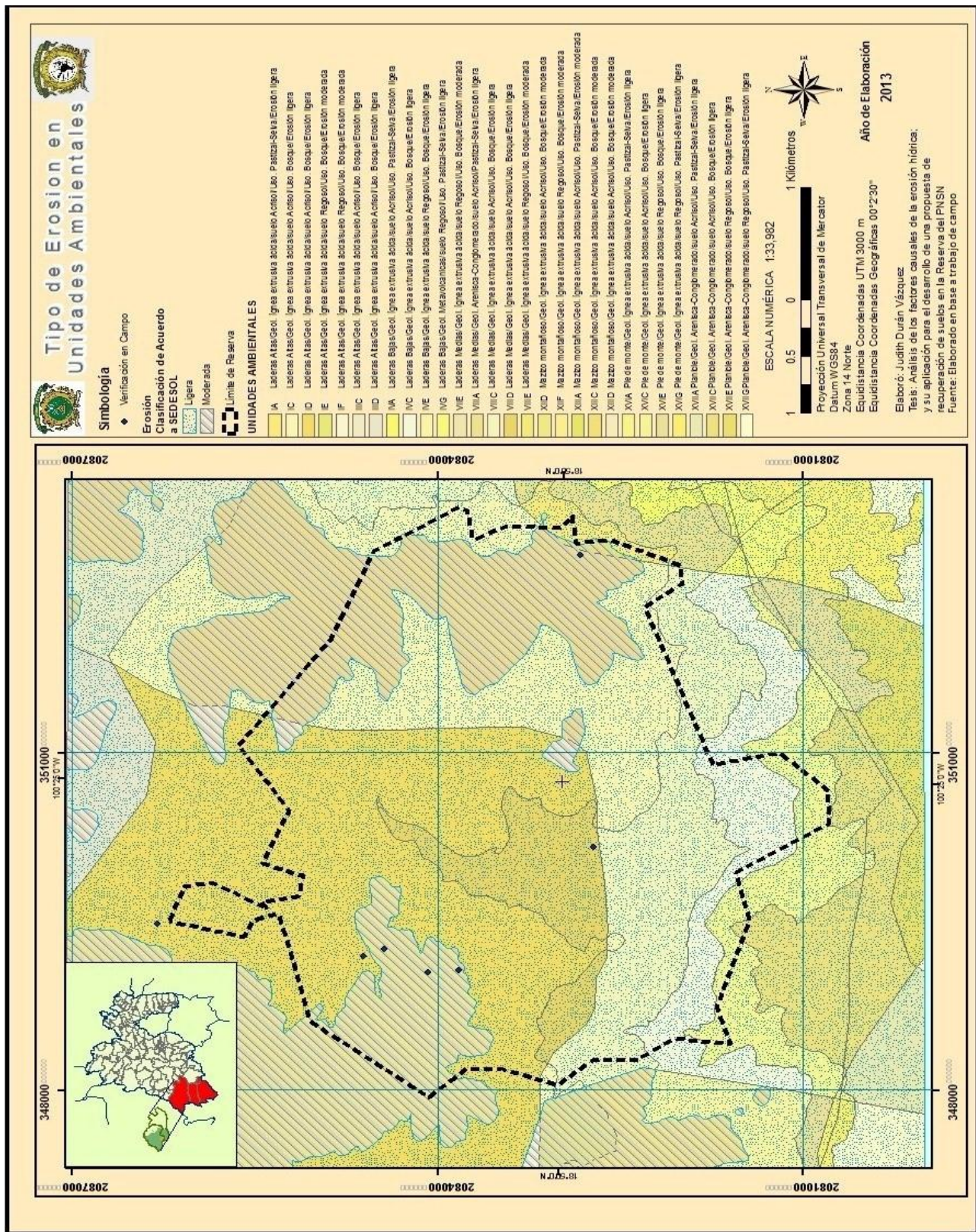


Figura 9. Mapa de Erosion en la Reserva por Unidad Ambiental

CAPÍTULO V

El Enfoque del Marco Lógico y la realidad de la Reserva

El sobrepastoreo es una de las causas de la degradación física por compactación ya que ocasiona un deterioro interno del suelo por el pisoteo del ganado; además, de propiciar una disminución de la vegetación. Esta favorece la erosión hídrica al no haber una cobertura suficiente.

En su mayoría, los sitios con la presencia de cárcavas se ven afectadas por la erosión hídrica, que ha sido el principal factor de pérdida de nutrientes del recurso suelo y del cambio de actividades. Aunque se trata de una reserva no se encuentra a salvo del deterioro. Por ello la Reserva del PNSN necesita de una propuesta para lograr recuperar los suelos y espacios que se han perdido.

El resultado obtenido por medio de los diversos factores, elementos y distribución espacial de la erosión hídrica, así como las diversas actividades antrópicas desarrolladas actualmente dentro y fuera de la reserva se complementó con la aplicación del Enfoque del Marco Lógico en donde se identificaron los principales problemas que afectan de manera directa a la reserva .

Por lo que se realizaron dos tipos de árboles el primero de problemas y el segundo de objetivos. A través del árbol de problemas se formaron las relaciones existentes entre la causa –efecto (Figura 18). Ya que esto nos permitió tener una visión más cercana a la realidad sobre la situación que se presenta en la reserva.

Y el segundo en base a la obtención del árbol de problemas se plantearon escenarios óptimos a través del árbol de objetivos para la recuperación de suelos degradados por erosión hídrica así como la aplicación de prácticas en favor de mejorar al recurso suelo.

Figura.18.Árbol de Problemas

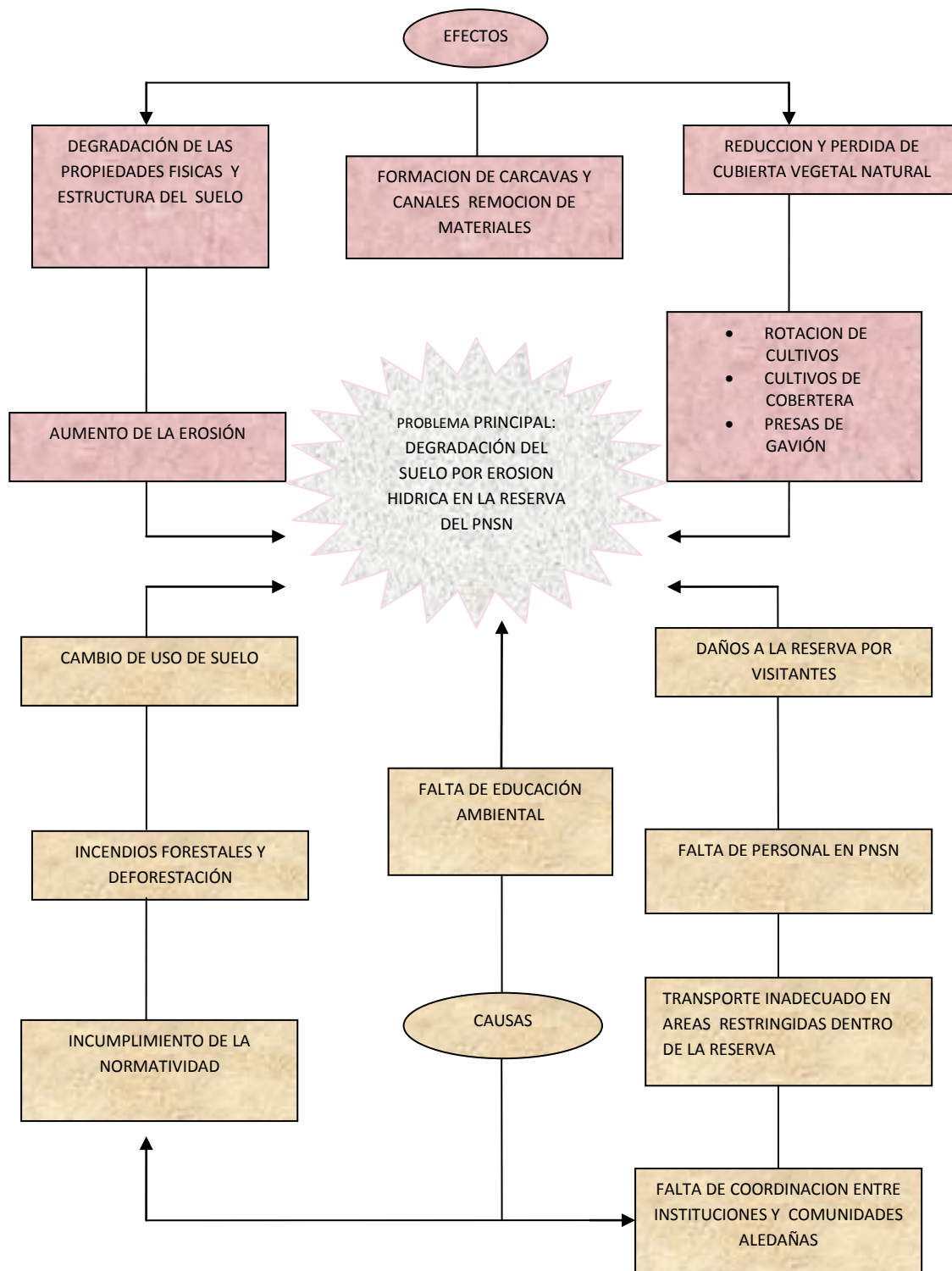
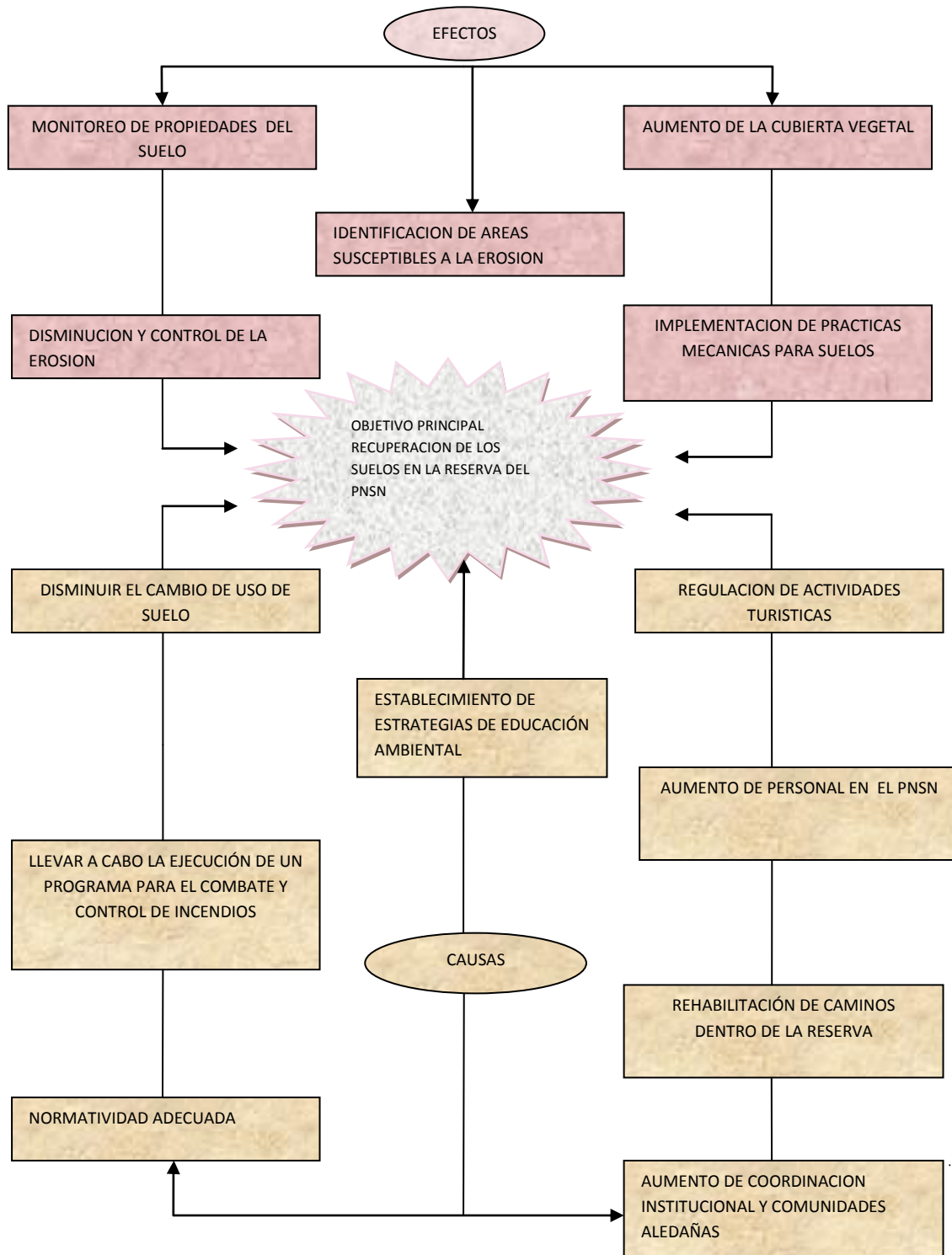


Figura.19. Árbol de Objetivos



ANÁLISIS DE PARTICIPACIÓN

El resultado del análisis de participación fue:

Análisis de Participación

Beneficiarios Directos	Beneficiarios Indirectos	Excluidos/Neutrales	Perjudicados/opponentes
Comunidades que conforman la Reserva	Turistas, Visitantes y vecinos que procedan de otros municipios	Diversas localidades que se encuentran a los alrededores de la Reserva	Personas dedicadas a la extracción de recursos naturales en la Reserva

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

A continuación se presentan los resultados del análisis cualitativo y cuantitativo de las alternativas propuestas.

La “Identificación de áreas susceptibles a la erosión” se identifica las zonas vulnerables de acuerdo al tipo de erosión presente, así se logra determinar el daño causado y la práctica a desarrollar, el costo se establece como bajo de acuerdo a que al localizar las áreas no se necesita de una mayor inversión, el tiempo en el que se realice se estableció a mediano plazo ya que se realizan varios recorridos en campo para obtener un análisis integral.

Se considera que tendría un alto número de beneficiarios, y se sugiere involucrar a la población en actividades recuperación de los suelos y el control de actividades que causan mayor deterioro a los ecosistemas. Con respecto al impacto de género definido como alto positivo en su mayoría apoya a las mujeres que son principalmente jefas de familia para desarrollar actividades productivas aunque provoque un alto impacto ambiental ,en donde las acciones tendrán que cumplir con el mejoramiento de los suelos a través de las prácticas de conservación, los riesgos sociales se encontraron bajos por lo que se trata de evitar peligros o cualquier tipo de acción que pueda dañar a las poblaciones sino todo lo contrario lograr obtener óptimas condiciones de vida para un mejor desarrollo humano tomando en cuenta a los actores involucrados que pueden ser de gran utilidad en este programa al ponerlo en marcha y conseguir resultados satisfactorios para cumplir con los objetivos. Esta alternativa en realidad es considerada como un trabajo de análisis en donde la localización, descripción y evaluación de las áreas más dañadas por la erosión hídrica considerándose una técnica muy factible para aplicarse en el área de estudio.

Para el “Aumento de la cubierta vegetal” el costo se representó como medio lo cual se puede realizar por medio de varias especies las cuales sirven para agregar materia orgánica e incrementar la fertilidad de los suelos aumentando su capacidad de retención de humedad reduciendo escurrimientos superficiales y la disminución de la erosión, el tiempo para realizar esta actividad es a mediano plazo de acuerdo a las técnicas empleadas entre cada proceso y tiempo de aplicación consiguiendo determinar si los suelos han respondido de manera favorable o no a estos métodos. El beneficio es considerado como alto al obtener espacios restaurados evitando el sobrepastoreo en su mayoría el impacto ambiental es positivo al aportar varias soluciones en beneficio de la misma y no existen riesgos sociales ya que los productos empleados no causan alteraciones al hombre o al medio natural y su principal función es favorecer el crecimiento de la cubierta vegetal de los suelos para ser más productivos en su totalidad.

La “Recuperación, control y disminución de la erosión” se establecen acciones entre la comunidad académica y habitantes de las localidades adyacentes fijando el costo como medio conforme a los apoyos gestionados a las diversas instituciones interesadas en las alteraciones que sufre un suelo, con esto se realizara una gestión de apoyo económico, técnico y material para la construcción de terrazas, muros de piedra para conservar el suelo con la ayuda de plantaciones de nopales o magueyes en las zonas más afectadas para controlar la erosión. El tiempo es a mediano plazo al ser aplicada y reflejar la restauración de suelos, eliminando la mayoría de los componentes que contribuyen a la erosión, obteniendo un beneficio considerado como alto porque al mantener en cierta forma controladas las actividades antrópicas en los espacios alterados se logra alcanzar un mayor equilibrio entre el medio natural y el hombre, el desarrollo de esta actividad junto con las herramientas o materiales utilizados no incurren en algún riesgo que pueda causar daño todo se realizara en tiempo y forma de acuerdo a lo establecido.

En “Diversidad de técnicas de recuperación” obtener y diseñar la información necesaria para la recuperación de los suelos a partir de las diversas técnicas o prácticas mecánicas las cuales son actividades que se efectúan con implementos agrícolas y mano de obra para disminuir la erosión, el tiempo determinado es a largo plazo debido al diseño, construcción y manejo de las diversas técnicas en función del tipo de suelo y clase por lo que no es posible adoptar las mismas técnicas en todos los sitios y los impactos serán definidos de alto a medio con respecto al incremento de su productividad. Tomemos en cuenta de que los cultivos se tienen que ir rotando para que la tierra tome un descanso e incorporar ciertos productos para que el suelo se vuelva fuerte sin perder su capa superficial, en cada sitio localizado se adaptara la práctica de mayor provecho para determinar su grado de factibilidad en cuanto a la restauración y sea lo más rápida posible.

Para el “Establecimiento de programas de prevención, combate y control de incendios” creación o modificación del programa de incendios forestales en el cual existe la participación de los pobladores, comunidad universitaria y trabajadores del parque logrando recuperar la cubierta forestal al llevar a cabo la construcción de brechas cortafuego como medida principal para controlar el efecto de los incendios. Se programan campañas de reforestación a un mediano plazo con especies propias de la zona principalmente donde los incendios han afectado de manera severa, mediante este programa se proporcionan cursos que en determinado momento se emplearan de manera directa evitando la pérdida de las especies por lo que el beneficio se determina alto al lograr disminuir los incendios en los meses de estiaje.

Para el “Establecimiento de estrategias de educación ambiental” a partir del establecimiento de un programa de educación ambiental el cual sea aplicable y viable se disminuirán los problemas del ambiente, el costo y tiempo son a mediano plazo ya que las estrategias más adecuadas se emplearan en la reserva para mantener un mejor equilibrio o manejo de los recursos naturales existentes y mejoramiento del entorno. Se realizaran cursos y talleres así como la evaluación y seguimiento de las condiciones ambientales antes de iniciar las actividades y cuatro meses después, en donde la comunidad universitaria y las comunidades adyacentes tendrán participación activa en los talleres de valorización para la restauración de los suelos e importancia de la reserva.

El fomentar la preservación de los recursos naturales, nos lleva diariamente a cambiar nuestros hábitos hacia una cultura de conservación en donde el hombre es el principal actor dejando huella en cualquier sitio con el solo hecho de cumplir sus necesidades, aun sin importar el daño ocasionado al espacio al seguir invadiendo espacios naturales sin control alguno. Por lo que se establecen mecanismos de difusión prácticos, sencillos, entendibles con información con respecto a conservación y recuperación (videos, folletos carteles) e informar de los beneficios al parque.

Para el “Aumento de coordinación institucional y comunidades aledañas” el costo para aumentar la coordinación institucional y comunidades cercanas resulto bajo al no presentar ningún tipo de gasto mayoritario llevándose a cabo al correlacionar los habitantes con las instituciones encargadas de la guardia o cuidado del lugar en un tiempo de mediano plazo ,los mismos habitantes obtendrán beneficios al ser tomados en cuenta para la realización de ciertas actividades que indirectamente apoyen a los suelos disminuyendo los riesgos y desarrollar un buen trabajo para seguir cuidando este espacio natural que es de gran valor para muchas personas. Esta alternativa se toma como un complemento para la formación de mejores espacios naturales sin causar daño a otros recursos o hasta los mismos seres humanos.

En la “Normatividad Adecuada” considerar el marco normativo en los tres niveles de gobierno en cuanto a los usos y restricciones de los recursos naturales, con la aplicación de la legislación ecológica-ambiental-forestal para la conservación y protección al ambiente reconociendo la restauración de los suelos. Se realizara la evaluación de las diversas actividades de restauración y conservación de la reserva en cuanto a lo establecido en la normatividad del parque. El costo es bajo aunque solo se tiene que definir los aspectos importantes con respecto al cumplimiento de las necesidades del mismo sin causar un daño más grave a los espacios naturales, por otra parte se pretende reubicar algunos señalamientos al ser de mayor tamaño para ser observados a simple vista y los visitantes no invadan áreas que son estrictamente restringidas, así lograr que respeten un poco más el espacio natural donde se encuentran.

Al tomar en cuenta todas estas acciones que favorecen la reserva se tendrá una mayor participación social pero sobretodo contribuir al mejoramiento y obtener beneficios para el espacio geográfico.

El “Aumento de Personal en el PNSN (reserva)” el tiempo es definido como mediano plazo aunque se toma en cuenta de que el personal no es suficiente para abarcar todo el parque y menos cuando existe una gran entrada de visitantes ya que se encargan de realizar ciertas actividades en beneficio a la estancia de los mismos, para esta situación tomaremos en cuenta principalmente al organismo encargado de administrar el Parque tratando de encontrar la manera adecuada para resolver este problema, aunque por otra parte no se sabe a ciencia cierta si existen recursos económicos para adquirir más personal o solventar los pagos, la situación se presenta muy viable aunque existen leyes y normas que exigen cumplirse en su totalidad, solo la persona encargada de esto puede tomar la decisión que considere más conveniente pensando en el bienestar del Parque.

Pues dentro de estas alternativas se involucran varios factores que a su vez se relacionan con las diversas actividades del hombre propiciando alteraciones del medio, es por esto que no todas estas alternativas son capaces de cumplir con los fines establecidos en beneficio del Parque, todo parece estar muy bien definido aunque realmente existen factores que son los agresores hacia los espacios naturales. Se ha tomado conciencia de que este trabajo no cambiara la situación real que se vive pero principalmente aportara algunas acciones para el mejoramiento del mismo, este lugar tan hermoso que desafortunadamente día con día sufre un sin fin de problemas en su interior y algunos son irreversibles.

Cuadro 6 Análisis cualitativo de alternativas

Análisis Cualitativo De Alternativas									
Criterios	Alternativas								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Costo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Tiempo	Medio (Mediano Plazo)	Medio (Mediano Plazo)	Medio (Mediano Plazo)	Alto	Medio (Mediano Plazo)	(Medio (Mediano Plazo)	Medio (Mediano Plazo)	Medio (Mediano Plazo)	Medio (Mediano Plazo)
Concentración Sobre Los Beneficiarios	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Impacto De Genero	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Bajo
Impacto Ambiental	Alto (Positivo)	Alto (Positivo)	Alto (Positivo)	Medio	Alto (Positivo)	Alto (Positivo)	Alto (Positivo)	Alto (Positivo)	Medio
Riesgos Sociales	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
Viabilidad	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto

NOTA: Elaboración propia, esta evaluación cualitativa se realizó a través de profesionales especialistas en ecología, geógrafos, biólogos, sociólogos, no incluidos en el desarrollo de la investigación, que tienen conocimiento de las condiciones en las que se encuentra la Reserva.

a) Interpretación del análisis cualitativo de las alternativas

Primer Criterio: Costo

El costo de las alternativas para la recuperación de suelos en la Reserva varía de bajo a medio ya que depende de los diversos apoyos a gestionar ante las dependencias federales, municipales y estatales en relación a las acciones para dar soluciones a los problemas presentes tomando en cuenta la participación de las comunidades aledañas con una mayor coordinación entre las autoridades correspondientes así obtener mejores resultados.

Segundo Criterio: Tiempo

El tiempo requerido para ver reflejados los resultados de la investigación es a mediano plazo por lo que la recuperación de suelos implica actividades las cuales a corto plazo no serán visibles o simplemente no se tendrán los resultados precisos así la implementación de diversas técnicas de recuperación para las áreas degradadas serán de mayor utilidad al aumentar la cubierta vegetal por medio de cultivos permanentes o periódicos en el área dependiendo de los resultados. Fomentar la educación ambiental con campañas de reforestación con especies nativas para mejorar las condiciones de la reserva en proporción de modificar las actividades desarrolladas en ella y además controlar la erosión aunque por otra parte el aumento de personal en el parque es indispensable al tener mayor vigilancia en la reserva evitando algunas actividades de extracción.

El tiempo es un factor muy importante el cual debe ser tomado en cuenta durante el desarrollo del programa.

Tercer Criterio: Concentración sobre los beneficiarios

Las actividades de recuperación deberán generar los mayores beneficios los cuales se reflejan en la mejora del ambiente y del espacio, tanto en el bienestar de las comunidades y de la reserva por su valor natural o patrimonial, el beneficio es alto, más aun si se trata de controlar la erosión a partir de áreas restringidas para realizar cualquier actividad sobre todo en aquellas que han sido pisoteadas por ganado. Aunque algunas de estas acciones afectaran de manera directa a las personas dedicadas a extraer algún recurso natural de la reserva.

Cuarto Criterio: Riesgos Sociales

En las alternativas los riesgos sociales se presentan como bajos, las acciones desarrolladas no implican alteraciones al espacio, aunque la perspectiva del habitante local muestra al parque como principal medio de abastecimiento con respecto a los recursos para satisfacer sus necesidades.

A causa de esto se implementaran medidas para evitar la degradación de algunos espacios los cuales presentan suelos erosionados y a la vez proporcionar a los habitantes algún tipo de recurso maderable que ya no sea de gran utilidad al parque, ya que en algunas ocasiones se observó algún tipo de madera tirada la cual es de gran utilidad para la mayoría de los habitantes. Por otra parte no se les puede prohibir desarrollar alguna de sus actividades o el acceso al parque ya que son su única fuente de trabajo y alimento, considerando la relación existente entre el hombre- medio para un mejor equilibrio entre los ecosistemas y el espacio.

Quinto Criterio: Impacto Ambiental

El Impacto Ambiental se determina como Alto (positivo) debido a que se reflejan las acciones llevadas a cabo dentro del programa, las cuales contribuyen al mejoramiento del ambiente y de los suelos creando un equilibrio entre cada uno de los ecosistemas. El impacto ambiental esperado se resume a la implementación de programas de educación ambiental, prácticas de conservación, mayor diversidad de especies arbóreas pero sobretodo la disminución de tala inmoderada. Esto contrarresta la acción de impactos negativos destructivos que modifican los espacios restaurados.

Sexto Criterio: Impacto de Género

Para el cumplimiento de las acciones la presente investigación muestra un alto impacto de género enfocándose a las mujeres en general sin importar, edad, religión o razón social esto con el fin de proporcionar mayores aportes benéficos recibidos de la puesta en marcha de las alternativas de solución enfocando a cada una de estas como parte de la reserva y del Parque entre ambas partes.

Séptimo Criterio: Viabilidad

La viabilidad para llevar a cabo las acciones propuestas se encuentran valoradas como alta ya que probablemente algunas de estas representen problemas para su operatividad tomando en cuenta que los efectos o resultados requieren de la participación efectiva de los actores involucrados, así como de los habitantes siendo ellos los que condicionan o influyen en determinar la viabilidad de una obra o proyecto en bienestar de ellos mismos o simplemente obtener beneficios siendo su única fuente de recursos.

Por otra parte la propuesta es viable aprobando desarrollar la mayoría de las acciones dentro o fuera de la reserva al ser flexibles sin causar alteraciones a los espacios naturales o a los habitantes lo más viable se determinó a partir de las necesidades en cada uno de los espacios con presencia de erosión.

Cuadro 7. Análisis Cuantitativo de Alternativas

ANALISIS CUANTITATIVO DE ALTERNATIVAS																			
CRITERIOS	COEFICIENTE	ALTERNATIVAS																	
		1 IDENTIFICACION DE AREAS SUSCEPTIBLES		2 AUMENTO DE CUBIERTA VEGETAL		3 RECUPERACION, CONTROL Y DISMINUCION DE LA EROSION		4 DIVERSIDAD DE TECNICAS DE RECUPERACION		5 CONTROL Y COMBATE DE INCENDIOS		6 ESTABLECIMIENTO DE ESTRATEGIAS DE EDUCACION AMBIENTAL		7 MAYOR COORDINACION INSTITUCIONAL Y COMUNIDADES ALEDAÑAS		8 NORMATIVIDAD ADECUADA		9 AUMENTO DE PERSONAL EN EL PNSN	
COSTO	2	1	2	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	1	2	1	2	1	2
TIEMPO	2	2	4	2	4	2	4	4	8	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
CONCENTRACION SOBRE LOS BENEFICIARIOS	4	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16
IMPACTO DE GENERO	4	4	16	2	8	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	2	8	1	4
IMPACTO AMBIENTAL	4	4	16	4	16	4	16	2	8	4	16	4	16	4	16	4	16	2	8
RIESGOS SOCIALES	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1
VIABILIDAD	4	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16
TOTAL		71		65		73		69		73		73		71		64		51	

Nota: En los resultados numéricos obtenidos se identifica que la alternativa con mayor potencialidad de ser aplicada es la que se refiere a la Recuperación, control y disminución de la erosión alcanzando un total de 73 puntos, seguida de combate y control de incendios, establecimiento de estrategias de educación ambiental, así como la identificación de áreas susceptibles a la erosión aunado al aumento de coordinación institucional entre comunidades aledañas para la ejecución de las técnicas de recuperación logrando el aumento de la cubierta vegetal ,aunque la alternativa con menor puntuación es aumento de personal en el parque no es de gran impacto ya que los trabajadores realizan su labor siendo la mayoría de los turistas los que no respetan la normatividad del lugar.

FASE DE DISEÑO Y FORMULACIÓN

MATRIZ DE PLANEACION DE PROYECTOS Y LA PROPUESTA DE RECUPERACIÓN DE SUELOS

El cuadro 8 muestra los indicadores y supuestos de las actividades que integran el plan.

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVO	ACTIVIDAD	INDICADOR	SUPUESTOS
	1.1 RECUPERACION Y CONTROL DE EROSIÓN	Implementar programas de restauración y conservación de suelos	Establecimiento, funcionamiento y mantenimiento de obras para disminuir la erosión	El personal de la reserva y comunidad universitaria colaborarán en la construcción de dichas obras y le darán el adecuado mantenimiento
		Efectuar las técnicas para suelos erosionados	Realizar un registro de las obras realizadas	Mantener un mejor control sobre las técnicas realizadas dentro de la reserva

Cuadro 8. Indicadores, fuentes y supuestos, por Objetivos Específicos.

	OBJETIVO	ACTIVIDAD	INDICADOR	SUPUESTOS
OBJETIVO ESPECIFICOS	2.1 CONTROL Y COMBATE DE INCENDIOS	Creación de un nuevo programa sobre control y presencia de incendios. Crear y dar mantenimiento a brechas cortafuego. Coordinar acciones para prevenir y controlar incendios con equipo suficiente	Disminuir la generación de incendios durante los primeros meses de estiaje	Mediante cursos de educación ambiental los pobladores toman la importancia de los bosques y participan en la prevención y combate de incendios
	3.1 ESTABLECIMIENTO DE ESTRATEGIAS DE EDUCACIÓN AMBIENTAL	Implementar programas de educación ambiental.	Disminución de problemas ambientales a partir del establecimiento de los programas.	A partir de los talleres impartidos sobre educación ambiental se obtendrán los resultados a mediano y largo plazo.
		Elaborar y ejecutar los talleres sobre materia ambiental.	Obtener la información necesaria y legal para la recuperación de suelos.	
	4.1 NORMATIVIDAD ADECUADA	Revisar y ajustar las leyes, decretos y reglas de operación.	Considerar el marco normativo a nivel nacional, estatal y municipal.	El PNSN donde se encuentra la reserva es un área natural protegida la cual tiene su propio consejo asesor.
		Aplicar estrictamente la normatividad.	Documentos consolidados.	Respeto a los espacios naturales por parte de población, aplicando eficientemente la reglamentación.
		Proporcionar trípticos de difusión de la normatividad dentro del parque.		
	5.1 AUMENTO DE CUBIERTA VEGETAL	Generar programas de reforestación con especies nativas, arbustivas y arbóreas.	Numero de áreas verdes reforestadas.	Incremento en la densidad arbórea y recuperación del suelo.
Uso de cultivos de cobertera.		Áreas con menor susceptibilidad a Erosionarse.	Proteger las áreas desnudas e incrementar la materia orgánica	

Continuación del Cuadro 8 Indicadores....

	OBJETIVO	ACTIVIDAD	INDICADOR	SUPUESTOS
OBJETIVOS ESPECIFICOS	6.1 IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS SUSCEPTIBLES A LA EROSIÓN	Recopilación de datos y muestras de campo para su respectivo análisis.	Disminuir en un 50 % los índices de erosión.	Personal del parque y universitarios participaran en acciones de recuperación de suelos.
	7.1 MAYOR COORDINACIÓN INSTITUCIONAL Y COMUNIDADES ALEDAÑAS	Registro de cada una de las actividades desarrolladas en la reserva.	Desarrollo de un esquema de administración de los recursos naturales de manera efectiva y funcional.	Mayor organización social en relación a las decisiones tomadas para la recuperación y conservación .
	8.1 DIVERSIDAD DE TÉCNICAS DE RECUPERACIÓN	Aplicación de programas de recuperación	Diseñar información sobre recuperación.	Intervienen diversas técnicas, las cuales se aplicaran de acuerdo al grado de erosión.
		Implementar la rotación de cultivos.	Sucesión de cultivos diferentes en ciclos continuos.	Disminuir la erosión e incrementar la fertilidad de los suelos
	9.1 AUMENTO DE PERSONAL EN EL PNSN	Mayor vigilancia dentro de la reserva.	Contribución a mejorar el ambiente, proponiendo recorridos con los visitantes.	Detener la extracción de algunos recursos naturales de la reserva y evitar un mayor impacto ambiental.

NOTA: el orden del cuadro de objetivos específicos se encuentra relacionada con el orden de importancia del análisis cualitativo de las alternativas y los sistemas productivos en cada una de las técnicas empleadas así como la forma de vida de los habitantes.

Continuación de Matriz de Planificación para Recuperación de Suelos

RECURSOS HUMANOS	Comunidad académica del Parque, pobladores de las localidades cercanas, empleados municipales, organizaciones no gubernamentales, alumnos de servicio social, alumnos que realizan prácticas profesionales, tesis universitarias. Expertos en cada una de las áreas específicas de propuesta de acción; tales como ecólogos, geógrafos, agrónomos, biólogos, sociólogos y maestros ambientalistas.
RECURSOS FINANCIEROS	Inversiones públicas y privadas así como los tres niveles de gobierno (PROBOSQUE, CONAFOR, SEMARNAT, CEPANAF, CONANP, SEDAGRO, para la adquisición de equipo, materiales e insumo para los programas de recuperación y conservación del Parque, aportación de los ejidos. La fuerza de trabajo solventada principalmente por la comunidad académica, los habitantes de las localidades adyacentes para evitar costos.
RECURSOS MATERIALES	<p>Algunos recursos para la recuperación de suelos se pueden extraer del Parque como algunas rocas y plantas para la reforestación.</p> <p>Equipo de cómputo: impresora, fotografías aéreas, proyector de imágenes, cartas temáticas, gráficas, documentales y libros.</p> <p>Transporte para el traslado del personal especializado en recursos naturales: geógrafos, biólogos, ambientalistas, sociólogos, técnicos forestales, administradores.</p> <p>Algunos materiales pueden ser proporcionados por las dependencias federales, estatales y municipales, organismos no gubernamentales y universidades</p>

Este rubro también corresponde a las fases de la matriz de planificación, los recursos contenidos aquí se exponen de manera general para todas las actividades, pero se deben presentar los tres tipos de materiales.

VI. DISCUSIÓN GENERAL

La Geografía, una ciencia integral, puede albergar investigaciones del territorio bajo diversos enfoques y disciplinas, de acuerdo a sus características. Apoyar el mejoramiento de los recursos naturales de nuestro planeta y de los espacios en donde vivimos es una prioridad que debe ser abordada con este enfoque. Los suelos constituyen uno de los factores más importantes en el equilibrio global de la biosfera. Su erosión y contaminación causan el deterioro de propiedades físicas, causando la degradación del territorio.

En primer lugar tomaremos en consideración las características físico-geográficas. Al tratarse de una reserva, que proporciona a los visitantes algunas funciones de esparcimiento, ecológicas, paisajísticas, recreación y descanso. Estas adquieren una mayor importancia para los seres humanos facilitando una mejor convivencia entre el hombre y su medio. El proceso de erosión hídrica, como un factor de la degradación, es uno de los más relevantes dentro de la reserva. Tomando en cuenta que las geoformas varían y el hombre ha influido cada vez más en su ambiente hasta llegar a ejercer control absoluto.

Cabe mencionar que en sitios fuera de la reserva del parque se observaron áreas degradadas con procesos de erosión acelerados resultado de actividades antrópicas como la agricultura, ganadería y tala inmoderada de las zonas boscosas y en menor grado la actividad turística, por supuesto no se pueden dejar de considerar los fenómenos climáticos que mes con mes varían sus intensidades.

Las metodologías empleadas permitieron evaluar la erosión hídrica y su comprobación en campo, para obtener el índice de erosión laminar se determinó a partir de los factores determinados por la SEDESOL considerando solo dos tipos de degradación ligera y moderada esta sirvió de base para el empleo de las otras dos, la metodología ASSOD permitió reconocer el tipo de degradación en relación a los factores causales de acuerdo a la actividad predominante en el área por lo que se consideraron cuatro niveles de degradación, los indicadores de degradación erosiva de suelos permitieron completar y evaluar las clases de erosión a niveles más detallados considerando ocho niveles. Aun cuando los resultados son similares, se considera que el uso de las tres metodologías sirvió para complementar el trabajo de gabinete al ser comprobado en campo, así mismo la aplicación de indicadores cuantitativos y cualitativos permitió obtener una mayor perspectiva del problema que se encuentra presente en la reserva, así seleccionar las prácticas más convenientes para ser aplicadas en el área y reducir la erosión.

La herramienta metodológica permitió en el estudio el diseño de una propuesta con acciones a corto, mediano y largo plazo, ya que la lista de verificación, las actividades para la restauración y la matriz de diseño se incorporaron a la propuesta de restauración.

Aunque la metodología ASSOD de manera general abarca varios tipos de degradación, en el trabajo solo se utilizaron las que se encontraron en la reserva de acuerdo a sus condiciones.

Cabe mencionar que en la mayoría de la reserva se practican diversas actividades las cuales a su vez no cuentan con un control y propician la degradación del suelo aunado con las variaciones climáticas que se desarrollan.

La reserva presenta varios tipos de degradación pero uno de los más impactantes es el antrópico que día a día causa la pérdida de recursos naturales, la implementación de nuevas técnicas para la conservación de suelos y agua, requiere de especial interés, no solo en el área estudiada si no para el espacio geográfico en general.

Es la propuesta de restauración de suelos una herramienta que contribuirá y generara beneficios a las comunidades, aportando de manera directa al recurso suelo una medida de mitigación que aportara a su productividad, pero sobretodo su conservación, haciéndolo un recurso sustentable.

VII. CONCLUSIONES

Considerando el espacio como un medio natural integrado por componentes naturales en donde las actividades antrópicas son las que modifican los procesos de erosión hídrica y las alteraciones al recurso suelo y a otros recursos naturales se llegó a las siguientes conclusiones:

- ♣ Dentro de la reserva existen diversos paisajes naturales (Unidades Ambientales) con degradación causada por factores naturales y humanos. En los puntos de verificación se muestran cambios en donde se comienza por pequeños canales, desplazamiento de material y formación de cárcavas.
- ♣ De acuerdo al índice de erosión laminar la clase de degradación por erosión hídrica en la reserva es de Ligera 79.36%, seguida de la Moderada con un 20.64% esto de acuerdo con el índice de erosión laminar de la SEDESOL.
- ♣ Los principales factores causales de la degradación del suelo en esta región son: el sobrepastoreo, las actividades desarrolladas, fuertes precipitaciones y cambio de uso de suelo.
- ♣ Por lo que las principales estrategias sugeridas para atenderle se determinan en la diversidad de técnicas más adecuadas para mejorar el suelo y preservar sus nutrientes sin dañar a los otros ecosistemas.
- ♣ La estrategia mejor valorada fue Recuperación y disminución de la erosión ya que a partir de esta se inicia el trabajo en campo para la recuperación de espacios degradados en la reserva y rehabilitar las áreas identificadas dentro de la reserva.
- ♣ La cárcava con mayor erosión nos muestra una gran remoción de material del suelo por la acción hídrica la cual va aumentando de manera regular, con un daño del 80% en la unidad con presencia de deforestación y pérdida de la capa superficial.

VIII. RECOMENDACIONES

- La propuesta de recuperación de suelos debe ser considerada en la toma de decisiones para conservar y preservar el recurso suelo en relación a las actividades desarrolladas dentro de la Reserva.
- Proponer un manejo integral del suelo, generando con ello un desarrollo sustentable dentro de la reserva. Considerar un balance entre los aspectos ecológicos, sociales y económicos para tener un mejor equilibrio entre los ecosistemas, impidiendo la aparición de nuevos procesos de degradación dentro y fuera de la reserva.
- Planificar las acciones desarrolladas en la reserva para no inducir cambios que sean perjudiciales para el suelo, tomando en cuenta la velocidad a la que vaya a tener lugar.
- En la reserva existen algunos problemas de diversa índole. Pero es necesario preocuparnos de verdad por el suelo, siendo este la base de la vida para todos los seres humanos.
- Implementar la creación de viveros con plantas ornamentales, medicinales y legumbres para ser proporcionados a la población más cercana de la reserva y evitar que sigan substrayendo los recursos naturales pero sobretodo su agotamiento o pérdida total
- Como seres humanos habrá que dejar la tierra y todo en un mejor estado al que nosotros lo encontramos, para las futuras generaciones.

IX. BIBLIOGRAFIA

- Adame S. (1987). Metodología para prevenir Riesgo Potencial y Velocidad Actual de Erosión. Tesis de Licenciatura, Colegio de Filosofía y Letras, UNAM, Méx. D.F.
- Bennett, (1974). Elementos de Conservación del Suelo. Fondo de Cultura Económica. México. DF, 278p.
- Camacho, H. (2001). El Enfoque del Marco Lógico. Fundación CIDEAL. Madrid, España.
- Castro, J.C (2008). Inventario de Atractivos Turísticos Naturales para la Implementación del Ecoturismo (Turismo de Aventura) en el Parque Natural Sierra Nanchititla, Tesis de Licenciatura. Facultad de Geografía. UAEM. Toluca, Estado de México, 25-63 p.
- Casanova, (2008). Conservación de Suelos y Aguas. Universidad de Chile. Departamento de Ingeniería y Suelos.
- Cepeda, J.M (1985). Química de suelos. Ed. Limusa. México, DF.
- Colegio de Postgraduados. (1991). Manual de Conservación de Suelos y el Agua, control de cárcavas. Chapingo, UACH. México, 160p.
- Dávila, R. y J. Martínez. (2003) Grado de erosión y eficiencia de recuperación de suelo mediante la técnica de presas de gavión, en la localidad de San Pablo Tlalchichilpan, Municipio de San Felipe del Progreso, México, en el periodo junio 2000- octubre 2002. Tesis de Licenciatura. Facultad de Geografía. UAEM. Toluca, Estado de México, 80p.
- Diario Oficial de la Federación. (2011) Ley General del Equilibrio Ecológico, y Protección al Ambiente LGPPA.
- Duchaufour, P. (1984). Edafología: génesis y clasificación .Masson, S.A.España .493p.
- Escobar, E.E y E. Fabián. (1999). Geografía general. Mc Graw Hill, México.
- FAO. (2001). Agricultura, tierras y desertificación. Naciones Unidas. Consejo Económico y Social. ROMA, Italia. 9 p.
- FAO. (2008). La desertificación y el cambio climático: Un reto mundial. Día Mundial de lucha contra la desertificación y la sequía. <http://www.un.org/spanish/events/desertification/2008/index.shtml>. 2009
- Figueroa, S.B. (1991). Manual de predicción de suelos por erosión hídrica. Colegio de Postgraduados, SARTH. México. 98p.

- Fitz Patrick, A.E. (1984). Suelos: su formación, clasificación y distribución. CECSA. México.
- García, E. (1983). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4ª. ed. Offset Larios Ed. México. D.F, 218 p.
- García, F. B (2001). Evolución de los anthrosoles, estudios de caso: Barrio “La Era”, San Pablo Tlalchichilpan, Municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Geografía. UAEM. Toluca, Estado de México, 34p.
- GEM (1995) Nomenclátor de localidades del Estado de México. Decreto de Creación No.34. Gaceta del Gobierno No. 67. 2 de octubre de 2001.
- GEM (1995) Dirección General de Protección Civil, Atlas Estatal de Riesgos: Superficie municipal según grado de susceptibilidad a la erosión. Gobierno del Estado de México.
- GEM-UAEM- Scouts (1999). Programa de Manejo del Parque Natural de Recreación Popular Sierra de Nanchititla. Secretaría de Ecología. Universidad Autónoma del Estado de México y Scouts de México.
- Gobierno del Estado de México (1992). Atlas del Estado de México. Facultad de Geografía, UAEM. Toluca, Estado de México.
- Gobierno del Estado de México (2000) Diagnostico ambiental de la región XII Tejupilco. Secretaria de Ecología.
- Herrera, C. Abraham (1996). Estudio temporal del proceso de erosivo (sedimentos en suspensión), en 3 cuencas representativas del volcán Popocatepetl; algunas propuestas para modificar su dinámica. Tesis de Licenciatura. Facultad de Geografía. UAEM. Toluca, Estado de México, 43p.
- Ibáñez, C. (2003).El enfoque del Marco lógico y su Aporte a las Etapas de Diagnóstico Diseño y evaluación de los proyectos.
- INEGI (2007). Fisiografía del Estado de México. Datos Generales. <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/español/estados/edomex/fisio.cfm>
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática .INEGI (1984) carta topográfica, edafológica, geológica E14A55.
- Jardón, J. (2007).Restauración Ambiental y Conservación Ecológica para el Parque Universitario Las Orquídea, Unidad Académica Profesional Temascaltepec, México. Tesis de la licenciatura. Facultad de Geografía, UAEM. Toluca, Estado de México, 67p.

Jasso, M. (2008). Evaluación del grado de erosión en la Cuenca del Río Lerma mediante la aplicación del método estado de la erosión del suelo (SES) y del modelo del riesgo de degradación del suelo. Tesis de la licenciatura. Facultad de Geografía, UAEM. Toluca, Estado de México, 46p.

Kirby, M.J. and R.P.C. Morgan (1980). Erosión de suelos. Limusa, México.

Loftaf, T. (1995). Necesidades y recursos: geografía de la agricultura y la alimentación. Ed. Food & Agriculture Org. Roma, Italia. 127 p.

Lugo Hubp. (1989). Diccionario Geomorfológico. UNAM.

Maass, J.M. y F. García O (1990). La conservación de suelos en zonas tropicales: el caso de México. Ciencia y Desarrollo. 87pág.

Miller, T. (1994). Ecología y medio ambiente. Grupo Editorial Iberoamericana. DF, México, 230p.

Morgan R, P. (1980) Erosión de suelos, Edit. LIMUSA. México, D.F, 45p.

OEI (2008). FAO-Aumenta la degradación del suelo. Organización de Estados iberoamericanos para la Educación la ciencia y la cultura (OEI)

Oldeman, L.R., Hakkeling, R.T.A. y Sombroek, W.G. 1990. World map of the status of human-induced soil degradation. 34 p. ISRIC, Wageningen, Países Bajos y PNUMA, Nairobi, Kenya. 34 pag.

Olvera F. (1992). La recuperación de suelos forestales, Una perspectiva de restauración ecológica caso: Cerro Blanco y Cerro Colorado en Pátzcuaro, Michoacán Tesis de Licenciatura en Geografía, UNAM.

Ortega, V.J (2000). Los horizontes de la Geografía, Teoría de la Geografía, España. Ed Ariel Barcelona. 497p.

Ortiz, V.B (1984). Edafología, UACH, México.

Porta, J. M López-Acevedo, C Roquero (1994). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid, España. Ed Mundi-Prensa. 585p.

Porta, J. M López-Acevedo (2008). Introducción a la Edafología, uso y protección del suelo. Ed Mundi-Prensa. 384págs.

Peña, J.N (2010). Multifuncionalidad de las áreas verdes en el municipio de Toluca. Tesis de Maestría. Facultad de Geografía. UAEM. Toluca, Estado de México, 28p.

Rosales S. G. (1996). Propuesta de restauración de suelos por efecto de la erosión hídrica en la subcuenca Temoaya, Estado de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Geografía. UAEM. Toluca, Estado de México, 43p.

SEDESOL (1989). Manual de Ordenamiento Ecológico Territorial. Secretaría de Ecología-SEDESOL. México, D.F. 355 p.

SEMARNAT (2006). Manual del Proceso de Ordenamiento Ecológico. INE-SEMARNAT. México, D.F. 360 p.

SEMARNAT/INEGI (1997). Estadística del medio ambiente, México/INEGI. (1998). Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio y Protección al Ambiente, 1995-1996, México. www.SEMARNAT.Gob.mx/sniarn/suelos/cifras.shtml (2006).

SEMARNAT-CP. (2001-2002). Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana. Escala 1:250 000. Memoria Nacional. SEMARNAT-CP. México. 68p.

Stocking y Murnaghan. (2000). Indicadores de Erosión a nivel de Campo. Universidad de Chile.

Trueba A. (1995). Antecedentes de la Conservación de suelos y Perspectivas en México, Simposio Universitario de Edafología, Facultad de Ciencias, UNAM.

Valencia P., F. (2005). Estudio de erosión y pendientes en el Rancho Universitario de la Unidad Académica Profesional Temascaltepec de la UAEM. Tesis de licenciatura. Facultad de Geografía, UAEM. Toluca, México.

Velázquez y Orozco, A. (1989). La Destrucción de la naturaleza y la ciencia desde México. FCE, México. D F.190p.

Villanueva B. (1984). Edafología, Universidad Autónoma de Chapingo.

ANEXOS

ANEXO 1. CUESTIONARIO APLICADO A ALGUNAS PERSONAS DEL PARQUE

¿Cuáles fueron los principales cultivos sembrados?

Maíz, tomate, calabaza, frijol, chícharo.

¿Equipo utilizado en su trabajo?

Peones, barreta, yunta

¿Practica la ganadería o crianza de animales?

Bovino, Porcino, Caprino, Cebú, Aves de corral y colmenas

¿Qué productos obtiene de los animales?

Queso, leche, carnes

¿Recolecta usted plantas, hongos o raíces de que tipo?

Hongos amarillos, nanches, epazote, hierbabuena

¿Caza o captura algún animal?

Conejo, ardillas, armadillos, tuzas, murciélagos, venado, víboras de cascabel

¿Elaboran algún tipo de artesanía?

Comales, vasijas, muebles, ollas

¿Extrae algún recurso del Parque?

Madera, plantas

¿Considera usted importante el PNSN para su comunidad?

Si por que vienen muchos visitantes, además cuando necesitan algún material para sus necesidades vienen por el al parque

¿Cree usted que el parque es afectado por sus visitantes?

Si algunos dejan basura y no respetan los señalamientos existentes

¿Las actividades desarrolladas dentro del parque lo afectan?

Algunas veces ya que los turistas son los que producen basura y alteran el medio

ANEXO 2. Tabla Matriz para degradación de Suelos por punto de verificación

Unidad Ambiental. Lugar. _____ Fecha _____

Geoforma: _____

Tipo de Roca: _____ Uso del Suelo: _____

Vegetación: _____ Pendiente (%). _____

Clima: _____ Tipo de suelo _____

Ubicación: Long _____ Lat _____ Al _____

Influencia humana: Nula o Ligera () Apreciable () Fuerte ()