

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN**

Experiencia de trabajo en una empresa  
Agropecuaria EXCINTEC

**TRABAJO PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERA AGRICOLA**

**P R E S E N T A:**

**VERÓNICA RIVERA SALAZAR**

Asesor: M. C. Edgar Órnelas Díaz

Coasesor: Ing. Javier Medina Barrón



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Agradecimientos

**Gracias a Dios por todo con lo que me bendice día a día y por permitirme cerrar éste ciclo.**

Gracias a la **UNAM MI ALMA MATER** por brindarme la oportunidad de adquirir una formación académica.

A mi querida **FES- Cuautitlán** que fue una segunda casa y porque en sus aulas adquirí los conocimientos que hoy me respaldan en mi carrera profesional.

A mis **Profesores** que compartieron sus conocimientos y experiencia en mi formación.

A mis **compañeros y amigas(os)**, porque fueron mi segunda familia, por su apoyo y amistad, nunca los olvidare.

A **Alberto Ortuño Mejía** Presidente del Consejo de Administración de **EXCINTEC** y compañero de Ingeniería Agrícola, por sus enseñanzas y apoyo recibido en mi desarrollo profesional.

A mis **compañeros y amigas(os)**, de EXCINTEC, por su apoyo y amistad.

A **Irma Ramírez Fragoso**, por su cariño, apoyo incondicional y por que sin serlo eres una hermana.

A la **M en C. Laura Edith Sánchez Almáraz** por ser una gran amiga y por el apoyo que siempre me has brindado.

A mi asesor **Ing. Edgar Ornelas Díaz** y Coasesor **Ing. Javier Medina Barrón**, por su apoyo en la realización de éste trabajo, mil gracias.

**A mis queridos padres por su amor y apoyo incondicional**  
**José Rivera Colindres y**  
**Magdalena Salazar Gutiérrez.**

**A mí querido esposo y gran amigo**  
Alejandro Flores Montaña.  
Por tu comprensión y apoyo incondicional en la realización de éste trabajo.

**A mis queridos hermanos**  
José, Noé y Arturo.  
Por su cariño y apoyo

***Porque juntos somos más fuertes***

## DEDICATORIA

### **A mi madre, te amo**

Por darme la vida y apoyarme en mí meta de ser Ingeniera Agrícola.

### **A mis hijos**

Jacqueline, Ulises y Melissa.  
Que son un regalo de Dios y  
por que como dice el gran filosofo  
Huixtoquense, **si se puede.**

### **A mis tíos**

Emilia, Ofelia y David  
Por que los quiero y admiro  
por que siempre me han apoyado

## INDICE

	<b>Página</b>
<b>I.- Introducción</b>	1
<b>II.- EXCINTEC</b>	3
2.1 Estructura	4
2.1.1 Organigrama	4
2.1.2 Descripción de puestos	4
<b>III.-ANTECEDENTES PROFESIONALES</b>	6
<b>IV. MARCO DE REFERENCIA</b>	8
4.1 Importancia del suelo de conservación	12
4.1.1 Costos de la restauración	14
4.2 Localización y extensión del área de trabajo	14
4.3 Condiciones edafoclimáticas	17
4.3.1 Clima	17
4.3.2 Fisiografía	17
4.3.3 Hidrología	20
4.3.4 Geología	20
4.3.5 Suelos	23
4.3.5.1 Erosión.	26
4.4. Diagnóstico fotográfico del área de trabajo.	28
<b>V.-PROYECTO DE TRABAJO.</b>	32
5.1 Objetivos.	32
5.1.1 Objetivo general.	32
5.1.2 Objetivos particulares.	32
5.2 Metas.	32
5.3 Tipos de obra.	33
5.3.1 Presa de piedra acomodada.	33
5.3.2 Muro filtrante de piedra acomodada.	37
5.3.3 Zanja – Bordo.	39
5.3.4 Zampeado de cuneta.	41
5.3.5 Olla de captación de agua pluvial.	42
5.4. Beneficios esperados.	45
5.5 Conceptos y costos	46
5.5.1 Costo total del proyecto	46
5.5.2 Calendario de ejecución.	47
5.6 Anexos	48
5.6.1 Anexo 1 Plano de ubicación de obra realizada	48
5.6.2...Anexo 2 Plano Topográfico	49
5.6.3 Anexo 3 Ubicación georeferenciada y diseño de obra	50

<b>VI.-ANÁLISIS</b>	51
<b>VII.-CONCLUSIONES</b>	54
<b>VIII.-BIBLIOGRAFÍA</b>	56

## **I.- INTRODUCCIÓN**

Dentro de las actividades agropecuarias y forestales que se desarrollan en áreas de captación de las cuencas hidrográficas por parte de los productores rurales, uno de los problemas más graves es el continuo y permanente deterioro de los recursos naturales, y por tanto de las condiciones de vida de sus habitantes, quienes desarrollan actividades de agricultura y ganadería extensiva de ladera. Esto también es el común denominador en el suelo de conservación del Distrito Federal, zona estratégica para la viabilidad de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. El efecto más notorio es la pérdida del suelo, varios miles de hectáreas se encuentran severamente erosionadas, con un impacto negativo al reducirse el potencial de las actividades productivas.

Con la entrada del Programa Especial Concurrente (PEC) 2007, se pone en marcha el “Programa de Recuperación del Suelo de Conservación del Distrito Federal”, suscrito entre el Gobierno del Distrito Federal y la Comisión Nacional Forestal el 10 de agosto del 2007, el cual está orientado a la realización de proyectos, obras y acciones para la recuperación, restauración, protección y conservación de los ecosistemas del Suelo de Conservación del Distrito Federal.

Dicho programa apoyó la realización de proyectos, obras y acciones, para detener y revertir el deterioro ambiental del suelo, con la asignación de recursos federales, por lo que es prioritario proteger la reforestación, así como revertir la erosión de los suelos.

Por lo que la atención a los suelos degradados en cuencas deterioradas constituye una prioridad, por tratarse de un recurso natural no renovable siendo uno de los principales elementos del patrimonio natural donde su pérdida o deterioro son un grave problema ambiental que debe atenderse.

El objetivo de éste trabajo profesional es dar a conocer las acciones que se llevaron a cabo y formaron parte de los proyectos del PEC 2007 en la Delegación



Milpa Alta, específicamente en Santa Ana Tlacotenco en el proyecto MA/003 para la restauración y conservación de suelo y agua.

## II.- EXCINTEC

EXCINTEC es una empresa agropecuaria que realiza diagnósticos de campo para la formulación y evaluación de proyectos agrícolas sustentados en un paquete tecnológico de bajo impacto ambiental para las zonas de Guerrero, Oaxaca, Michoacán, Veracruz, D. F. y estados que lo requieran. En lo que respecta a la conservación de recursos naturales trabajamos en acciones integrales de protección, conservación y restauración de suelos forestales y de cultivo – especialmente del suelo, vegetación y agua – que contribuyen parcialmente al objetivo global de: Promover la adopción de innovaciones tecnológicas para efficientar el uso de recursos y mano de obra en el proceso de producción agrícola encaminado a la producción sustentable y en obras de conservación de suelo y agua.

Para llevar a cabo un manejo integral de suelo, se consideran las prácticas vegetativas, agronómicas y mecánicas. Estas últimas tienen influencia principalmente sobre el transporte de las partículas del suelo y poco efecto en su desprendimiento, en donde las dos primeras son más eficientes. Cabe mencionar que también se utilizan materiales de la región para realizar la construcción de estructuras que ayudarán en el control de la erosión y la pérdida de agua.

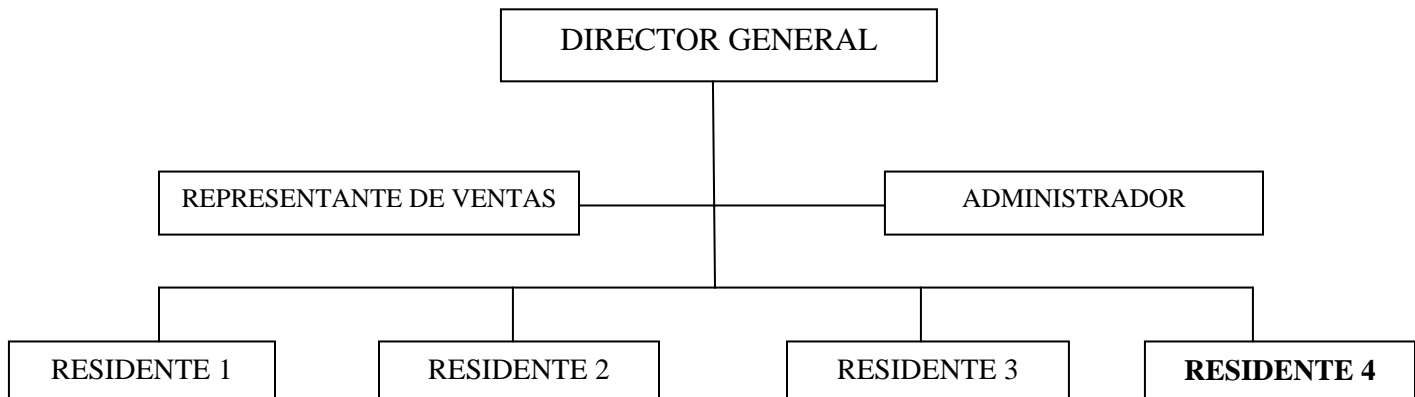
Otras actividades que se manejan en la empresa son las siguientes

- Instalación de invernaderos
- Sistemas de riego
- Venta e instalación de sistemas de nebulización para propagación de material vegetativo de plantas de ornato, así como para la germinación de semillas híbridas y variedades sintéticas de hortalizas y producción de hongo seta.

## 2.1 Estructura

### 2.1.1 Organigrama

De acuerdo a las necesidades y recursos de la empresa se tiene el siguiente organigrama en donde desempeña el cargo de residente de obra.



### 2.1.2 Descripción de puestos

#### Director

- Establecer metas , objetivos y promover su cumplimiento al 100%
- Ubicar zonas agrícolas susceptibles de ser tecnificadas
- Contactar con particulares u organizaciones agrícolas a efecto de sensibilizarlos para que adopten innovaciones tecnológicas que les permita optimizar los recursos naturales y materiales con la tendencia incrementar la productividad por unidad de superficie y hacer de la agricultura una actividad rentable y sustentable.

#### Administrador

- Controla las cotizaciones realizadas.
- Realiza el pedido de materiales y equipo y da seguimiento hasta la entrega

total de los componentes del sistema.

- Elabora el contrato de compra-venta, pagares y garantías.
- Mantiene una constante coordinación con el representante de ventas y el supervisor para cumplir en tiempo y forma con la entrega de materiales de acuerdo a lo establecido en el contrato.
- Control de inventario
- Control de egresos e ingresos y esta pendiente con las obligaciones ante la Secretaria de hacienda y crédito público.

### **Representante de ventas**

Establece contacto directo con los productores a efecto de ubicar la zona proyecto y estar en condiciones de:

- Realizar un diagnostico (cultivo, arreglo topológico, disponibilidad de agua, clima, tipo de suelo o sustrato, grado de pendiente, etc.)
- Tomar medidas del invernadero o parcela.

### **Supervisor o residente de obra.**

Mi trabajo es el siguiente:

- Elaboración del proyecto de obra, diagnóstico, ubicación de las estructuras, y seguimiento durante el desarrollo del mismo.
- Realizar el trazo de acuerdo a las especificaciones que marcan las instituciones para la elaboración del proyecto.
- Realizar las pruebas necesarias para la óptima operación del sistema cuando se trata de riego.
- Capacitar al operario del equipo y productores de cómo realizar la construcción de la obra.
- Realizar los informes físico – financieros de cada proyecto, como por ejemplo cuanto gastan en cada material, que volumen generaron y cuanto deben pagar de mano de obra por semana o mes de acuerdo a lo solicitado por la supervisión. (Delegación Milpa Alta, CORENA Y CONAFOR)

### **III.- ANTECEDENTES PROFESIONALES**

Ingresa a COCODER (Comisión Coordinadora para el Desarrollo Rural) en la Regional No. 2, el 18 de Septiembre de **1990**. Ahora CORENA (COMISIÓN DE RECURSOS NATURALES) para realizar el Servicio Social y en Diciembre del mismo año como responsable del área de Estudios y Proyectos en la Unidad de Ecología Rural.

Posteriormente participe de Febrero de **1991** al 30 de Septiembre de **1992**, en la constructora San Andrés S. A. DE C. V. en un programa de rescate y conservación de recursos naturales implementado por el Gobierno del Distrito Federal, en donde se sometió a concurso la participación de empresas constructoras para la realización de dichas obras. Mis funciones fueron las de supervisar la ejecución y cuantificación de: tinajas ciegas, cultivo a plantaciones forestales, brechas cortafuego, etc. en el Ajusco Tlalpan, D.F.

De Septiembre de 1992 a Diciembre de **1992**, laboré como personal técnico en la constructora ECUSA S. A. en el diseño, ejecución, supervisión y cuantificación de obras como: presas de mampostería, de piedra acomodada, presas de muros y barreras de contención, en el parque Desierto de los Leones, D.F.

De Septiembre a Diciembre de **1993** trabajé en el ejido de San Marcos Huixtoco en el Edo. de México, asesorando a productores en los cultivos de tomate de cáscara y calabacita.

En Junio de **1995** a Febrero de **1996**, fui contratada por SEDAGRO para asesorar a grupos de mujeres en el programa de micro granjas orgánicas en las comunidades de Ayotzingo, Tlapala, Cuautzingo y San Pablo en el Municipio de Chalco, Estado de México.

De Junio del **2000** a Mayo de **2001**, trabajé en la constructora CLIDIO S. A. como auxiliar del residente de obra en el municipio de Chalco, en la construcción de un parque recreativo y pavimentación de una calle.

De Marzo a Junio de **2007** participé como entrevistadora en INEGI en el Municipio de Ixtapaluca, Estado de México en la encuesta Origen – Destino.

En Septiembre de **2007**, **ingrese a EXCINTEC** como personal técnico, para la realización de proyectos del PEC, en la Delegación Milpa Alta, donde se realizarían las obras correspondientes a la conservación de recursos naturales, lo que incluye determinación del tipo de obra que requiere el terreno, toma de coordenadas y dimensiones entre otras.

En Noviembre de **2007**, realice ajustes solicitados por el Departamento de Ecología de la Delegación Milpa Alta a los 10 proyectos establecidos, debido a que hubo cambios en el presupuesto asignado a cada proyecto.

En Diciembre de **2007**, fui asignada para realizar recorridos con personal de la Delegación, CORENA, CONAFOR y los grupos que contrataron nuestros servicios a los sitios donde se realizarían las obras, para que dieran el visto bueno de los lugares propuestos por mí para el establecimiento de dichas obra, debido a que hubo cambios del personal técnico en CORENA Y CONAFOR.

En Febrero de **2008**, me designaron como residente de obra en dos proyectos, de conservación de suelo y agua en las comunidades de Santa Ana Tlacotenco y Villa Milpa Alta, Delegación Milpa Alta. Para fines prácticos sólo mencionare el proyecto MA/003 del grupo Metenco Guarda.

#### **IV.- MARCO DE REFERENCIA**

El registro histórico del uso del suelo nos dice que estamos perdiendo bosques y zonas de cultivo. Entre 1970 y 1997 la vegetación forestal se perdió a razón de 239 ha/ año, en tanto que la agricultura disminuyó en 173 ha/año. En contraste el área urbana creció a un ritmo de 289 ha al año con una tasa de crecimiento promedio de 6.1%. De seguir esta tendencia, para 2030 se habrá perdido el 30% del suelo de conservación. Sin duda la problemática que enfrenta éste suelo responde a una diversidad de factores, sin embargo, podemos identificar dos: (G.D.F.-S. M. A. 2008)

1.- La acelerada urbanización de la Ciudad de México. La cual se estima que en los últimos 60 años el avance de la zona urbana se ha dado en razón de cerca de una hectárea por día, de acuerdo al Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal vigente (PGDUDF). Esta urbanización está determinada, entre otros factores, por la escasez de suelo accesible para vivienda de interés social, y por el alto costo que significa acceder a la renta o compra de una vivienda.

2.- La renta agropecuaria se encuentra por debajo de la renta urbana. Es decir, el propietario del predio ubicado en suelo de conservación obtiene una mayor renta al fraccionar y vender los lotes, que posteriormente entran al ciclo de urbanización, que la que obtiene a través de las actividades agropecuarias o forestales. De acuerdo a la S.M.A. en 2005, la utilidad de una hectárea de cultivo, en el mejor de los casos (frutales) ascendía a \$28,050 pesos anuales, mientras que el precio de venta por hectárea en el caso más bajo del suelo urbanizado era de \$2'500,000 pesos. Esto, sin considerar los bienes y servicios ambientales que esa hectárea proporciona a la ciudad. Además de la pérdida de superficie, también se observa deterioro en las condiciones del suelo de conservación.

Se tiene sobreexplotación de los mantos acuíferos y alteración del ciclo hidrológico de la cuenca, lo que ocasiona la pérdida de humedad en la capa arable necesaria para los procesos productivos. Se estima que por cada metro cuadrado que se pavimenta, se dejan de captar entre 2,000 y 2,500 litros de agua anualmente.

Afectación a la cubierta vegetal, compactación y contaminación de suelos, primordialmente por la incorporación de aguas residuales, residuos sólidos y sustancias químicas. (G.D.F.-S. M. A. 2008)

Deforestación y modificación de microclimas que propician la erosión de los suelos, y los escurrimientos violentos que reducen la fertilidad del suelo y pérdida de zonas con vegetación natural y biodiversidad.

Desde una perspectiva ecológica, el suelo de conservación alberga ecosistemas naturales con más de 1,800 especies de flora y fauna silvestres; cerca del 2% de la riqueza biológica mundial y 11% de la riqueza biológica nacional. Dentro de este contexto el Distrito Federal ocupa el vigésimo tercer lugar en número de especies endémicas de vertebrados en Mesoamérica y el vigésimo cuarto en endémicas estatales. Aunado a ello, en el suelo de conservación se desarrollan procesos naturales, a través de los cuales se proporcionan diversos bienes y servicios estratégicos ambientales, los cuales se considera son imprescindibles para la sustentabilidad del Distrito Federal, es decir implican la sobrevivencia y el nivel de la calidad de vida de sus habitantes y se refieren principalmente a:

- Regulación del clima a través de la captura de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). En promedio las zonas que conforman este tipo de suelo cuentan con una capacidad de captura de carbono de 90 ton/ha.
- Suministro de agua, a partir de la conservación de los ciclos hidrológicos, debido a que el suelo de conservación provee 57% del agua que consume la ciudad, aportando un caudal de más de 19 m<sup>3</sup>/s.
- Disminución de la contaminación atmosférica a partir de la retención de partículas suspendidas.
- Conservación de la diversidad biológica.
- Posibilidades de recreación y valor escénico que aportan los ecosistemas forestales, al poder desarrollarse actividades eco turísticas susceptibles de realizarse en forma sustentable en el suelo de conservación.



Para fines de ésta memoria es importante definir el suelo de conservación: Es el espacio donde se recrean las condiciones naturales que dan sustento a numerosos procesos que mantienen la viabilidad de la ciudad como son la recarga de los acuíferos, la regulación del clima local, control de deslaves, entre muchos otros. Es un espacio que se encuentra estrechamente interrelacionado con la ciudad, en el que se conectan procesos naturales, económicos y sociales. En este espacio convergen distintos actores generando condiciones muy particulares que están posibilitando los cambios de uso de suelo y por tanto la pérdida de superficies importantes con recursos y procesos naturales vitales para la Ciudad de México y su zona metropolitana. (G.D.F.-S. M. A. 2008)

El término es una categoría establecida en la legislación y se refiere a las zonas en las que se establecen fuertes restricciones en el uso del suelo, desde la perspectiva de la planeación del crecimiento de la Ciudad, las características naturales que posee se traducen en ecosistemas indispensables para la subsistencia de la Ciudad de México.

Cabe mencionar que el suelo es un recurso natural considerado como no renovable debido a lo difícil y costoso que resulta recuperarlo o mejorar sus propiedades después de haber sido erosionado o deteriorado física o químicamente, de ahí la importancia de controlar su degradación.

El proceso degradativo y la producción de sedimentos ocurre en aquellas tierras de ladera sin cubierta vegetal, los que posteriormente son depositados en las partes bajas (De acuerdo a Kikby citado por Cáceres, 1990), La forma en que se depositan los sedimentos en un área de embalse, dependerá de la forma y tamaño de los sedimentos, del tamaño y forma del área de embalse y de las características hidrológicas del cauce principal, es decir de la Cuenca hidrográfica.

Por lo que al hablar de **Cuenca hidrográfica** nos referimos a un territorio definido para el manejo de los recursos naturales, fundamentalmente agua, suelo y

vegetación cuya característica principal es que el agua de lluvia que cae en esa superficie escurre hacia un cauce común. Es decir que, toda el agua acumulada desemboca ya sea en un afluente más grande, una laguna o el mar. Por lo que la unidad de planeación es la cuenca. Sin embargo, la unidad básica de ordenación e intervención es la microcuenca, donde puede manejarse y visualizarse la producción en relación con la corriente de agua. (Sánchez V. A. 2003)

Una **cuenca** es un territorio mayor a 50 mil hectáreas; la **subcuenca** cubre una superficie de 5 mil a 50 mil hectáreas; la **microcuenca** entre 3 mil y 5 mil hectáreas, y cuando las condiciones orográficas lo permiten, hay microcuencas menores a 3 mil hectáreas. (Sánchez 2003)

El suelo de conservación comprende el área rural que se localiza en su mayoría al sur y sur poniente del Distrito Federal, e incluye al sur y al poniente, la Sierra del Chichinautzin, la Sierra de las Cruces y la Sierra del Ajusco; al oriente el Cerro de la Estrella y la Sierra de Santa Catarina, así como a las planicies lacustres de Xochimilco, Tláhuac y Chalco; y al norte, la Sierra de Guadalupe. En total abarca una superficie de 88,442 ha, las que representan el 59% de la superficie del Distrito Federal, distribuyéndose territorialmente en 9 delegaciones políticas (ver cuadro 1). (G.D.F.-S. M. A. 2008)

En estas demarcaciones se ubican los llamados pueblos originarios, que corresponden a los pueblos migratorios más importantes, relacionados con la historia del valle en el período posclásico o pre colonial tardío. Estos pueblos mantenían identidades separadas, reconocibles y constituían las divisiones étnicas básicas en tiempos de la conquista española; se reconoce entre ellos a los otomíes, culhuaqué, cuitlahuaca, mixquica, xichimilca, chalca, tepeaca, acolhuaque y mexica. (G. D. F. 2003)

.Cuadro 1. Superficie del Suelo de Conservación por Delegación

DELEGACIÓN	SUPERFICIE	
	ha	%
Álvaro Obregón	2,735	3.1
Cuajimalpa de Morelos	6,593.00	7.5
Gustavo A. Madero	1,238.00	1.4
Iztapalapa	1,218.00	1.4
Magdalena Contreras	5,199.00	5.9
Milpa Alta	28,464.00	32.2
Tláhuac	6,405.00	7.2
Tlalpan	26,042.00	29.4
Xochimilco	10,548.00	11.9
<b>Total</b>	<b>88,442.00</b>	<b>100</b>

Fuente: Secretaria del Medio Ambiente del D. F. 2008. Plan Verde.

#### 4.1 Importancia del suelo de conservación

Como ya se mencionó anteriormente el suelo de conservación del Distrito Federal se encuentra en 9 delegaciones y ha sido a lo largo del tiempo fuente de bienes y servicios ambientales para los habitantes de la Ciudad de México. Los bosques que cubren alrededor de 39 713 has, han jugado un papel primordial en el mantenimiento del régimen hidrológico, la recarga del sistema acuífero, la regulación del clima local y el mantenimiento de las cadenas y redes tróficas, soporte de la flora y fauna de la región.

Además de incluir suelos con aptitud para el desarrollo de actividades económicas primarias, como las agrícola, pecuaria y acuícola, en el Suelo de Conservación también se localizan Áreas Naturales Protegidas (ANP's), importantes para la conservación de la diversidad biológica del Distrito Federal.

La superficie rural del Distrito Federal provee servicios ambientales indispensables para mantener el equilibrio hidrológico y climático de la región. Esta puede mantener una cierta actividad agropecuaria mediante formas de

manejo "amigables" con el medio ambiente: el mejoramiento de las labores de cultivo, la zonificación y control de las actividades pecuarias; la utilización diferencial de los bienes y servicios que proporciona el bosque, tales como el ecoturismo, que representa una fuente de demanda insatisfecha dada la magnitud del universo potencial de usuarios; la recolección de subproductos forestales, entre otros. Todos ellos son nichos de mercado que permiten visualizar una utilización sostenible de los recursos naturales del suelo de conservación.

La Delegación Milpa Alta ocupa el primer lugar en extensión (Fig. 1) dentro del Suelo de Conservación, en donde el 100% de su territorio es clasificado como tal.

Figura 1. Suelo de Conservación en el Distrito Federal



Fuente: SMA y Plan Verde 2008.

#### **4.1.1 Costos de la restauración**

La restauración de una hectárea de suelo degradado es un monto que depende de diversas variables, pero en general la restauración de zonas degradadas es muy cara, tiene un horizonte de tiempo considerable (casi siempre mediano a largo plazo) y los resultados en ocasiones son azarosos.

La experiencia indica que bajo ciertas condiciones (fuerte pendiente, limitado acceso), la restauración de una hectárea de suelo forestal depauperado puede costar más de \$75,000.00 y tarda unos 15 años en recuperarse. Los costos tienen que ver con el diseño del proyecto, la capacitación, transferencia de tecnología, diagnósticos, estudios y ejecución de las medidas propuestas. Sin embargo, en ciertos casos el análisis costo/beneficio indican que estos desembolsos deben realizarse. Por ejemplo, si tierras altamente degradadas y ubicadas en sitios de fuerte pendiente, no son intervenidos para su rehabilitación, los costos de la acción cero, pueden superar a los costos de la restauración en términos de área inundada, afectación a la salud humana por riesgos sanitarios, etc. En resumidas cuentas, en muchos casos, los costos de la restauración pueden representar varias veces el valor catastral del terreno, pero su posición estratégica exige el control de la erosión e inundaciones a fin de regenerar servicios ambientales que representan insumos de alto valor económico para esa zona. (Sánchez V. 2003)

#### **4.2 Localización y extensión del área de trabajo**

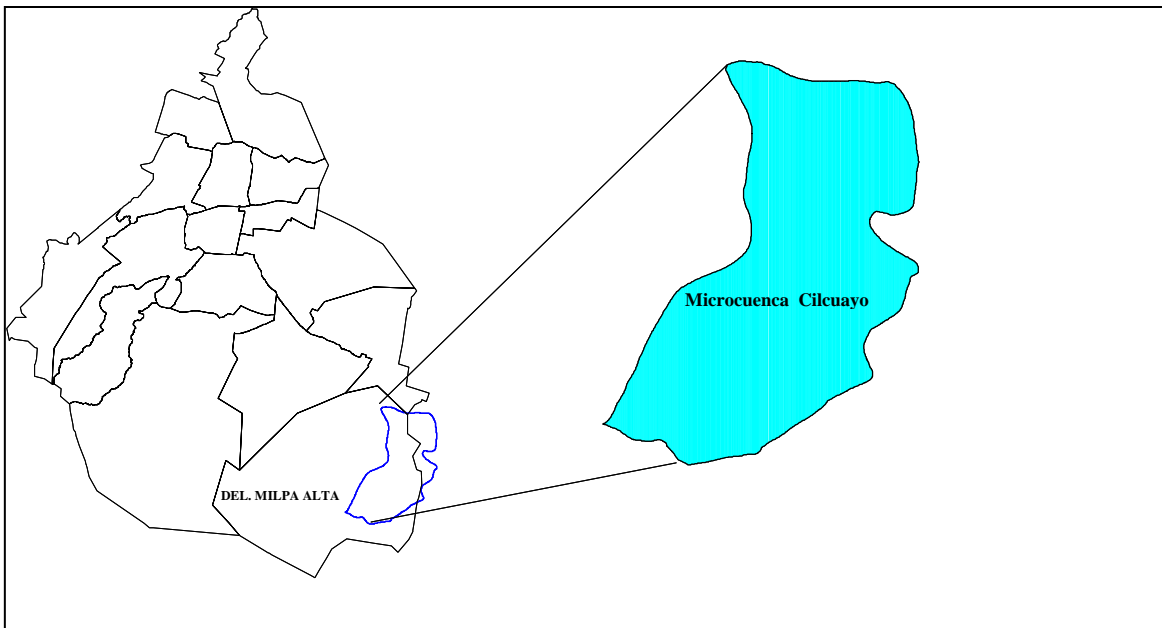
Se ubica al Sur del Distrito Federal en la delegación Milpa Alta, la cual tiene una superficie de 284.64 km<sup>2</sup> (Cuadro 1), es una de las más extensas del Distrito Federal (la 2<sup>a</sup> después de Tlalpan); sin embargo, dos terceras partes de su territorio son montañosas, con alturas que varían entre los 2,300 y los 3,600 metros sobre el nivel del mar; en el resto de la delegación hay estrechos valles y declives suaves.

En el Distrito Federal se delimitaron 25 Microcuencas, y para Milpa Alta se tienen definidas 4: **Cilcuayo**, Tláloc, Río Milpa Alta y Río San Gregorio (Fig. 2).

Las numerosas elevaciones volcánicas que existen en la delegación Milpa Alta, originan que se formen cuatro Microcuencas que constituyen una zona de gran importancia para la recarga de mantos acuíferos, por los bosques y vegetación presentes, las laderas y pies de montaña y el tipo de suelo y estrato rocoso así lo favorecen. El territorio de Milpa Alta era conocido antiguamente como Malacachtepec - Momozco; que significa "Lugar de altares rodeado de montañas", nombrado así por la cantidad de volcanes que abundan en la región: Tláloc, Cuautzín, Chichinautzín, Acopiaco, Tetzacoatl, Ocusacayo, Xicomulco (San Bartolo) y Teuhtli. O bien "lugar rodeado de cerros, donde hay tumultos funerarios.

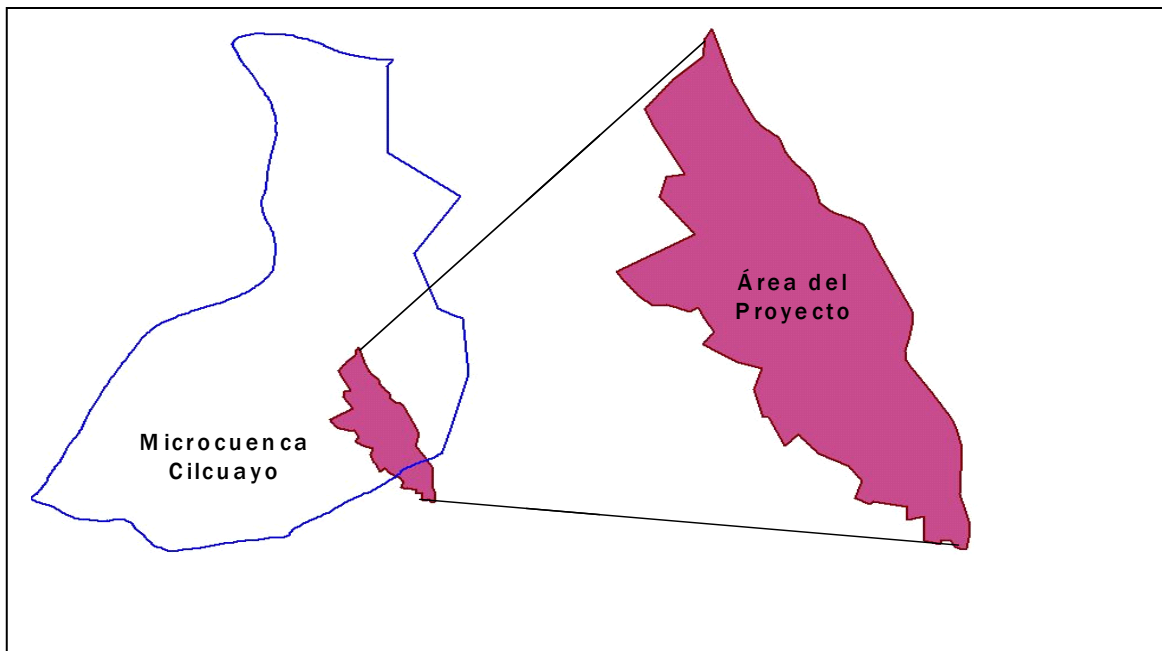
El área donde se desarrolló el proyecto corresponde a la **Microcuenca Cilcuayo** (Fig. 3), en el que se presentan extensas áreas con un elevado índice de pérdida de suelo por erosión hídrica y en toda su periferia, áreas con cobertura vegetal por rehabilitar. Se ubica al sureste del Distrito Federal, con una extensión de 6,036 has, entre las coordenadas geográficas: 19°05'54" y 19°12'39" de Latitud Norte, y entre los 99°01'46.80" y 98°56'22.17" de Longitud Oeste, con una Altitud media de 2,965 m.s.n.m. Limita al Norte con el poblado de San Antonio Tecómitl, en la Delegación Milpa Alta, con la de Tláhuac (San Nicolás Tetelco) y con el Estado de México. Al Este, ya es parte del Estado de México, hasta el cerro Ayaquemetl y Tezicalo. Al Oeste con la Microcuenca Río Milpa Alta. Al Sur dentro de la Delegación Milpa Alta, en la cima de la Sierra del Chichinautzin.

Figura No.2 Localización de la Microcuenca "Cilcuayo"



Fuente: PRPC Cilcuayo.SAGARPA-FIRCO (2004) PRPC de la Micro cuenca de Río San Gregorio.

Figura No.3 Ubicación del Área del Proyecto, respecto a la Microcuenca "Cilcuayo"



Fuente: PRPC Cilcuayo.SAGARPA-FIRCO (2004).

## 4.3 Condiciones edafoclimáticas

### 4.3.1 Clima

Al territorio comprendido en la microcuenca de Cilcuayo le corresponderían 3 tipos de clima, predominando en la mayor parte del centro, poniente y sur de la microcuenca el tipo **C(E)(w<sub>2</sub>)** que corresponde al Clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad. En el extremo norte de la misma, en la zona que comprenden las comunidades de San Nicolás Tetelco (en el límite con la delegación Tláhuac), San Antonio Tecómitl y San Juan Tepeñahuac, le corresponde el tipo **C (w<sub>1</sub>)**, es decir Clima templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media y en la porción “central superior”, en la zona de la población de Santa Ana Tlacotenco abarcaría el tipo **C (w<sub>2</sub>)** es decir Clima templado subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad, (PRPC 2004) y en la parte alta semifrío húmedo con lluvias en verano, una temperatura media anual superior a los 15° C. ( figura 4)

### 4.3.2 Fisiografía

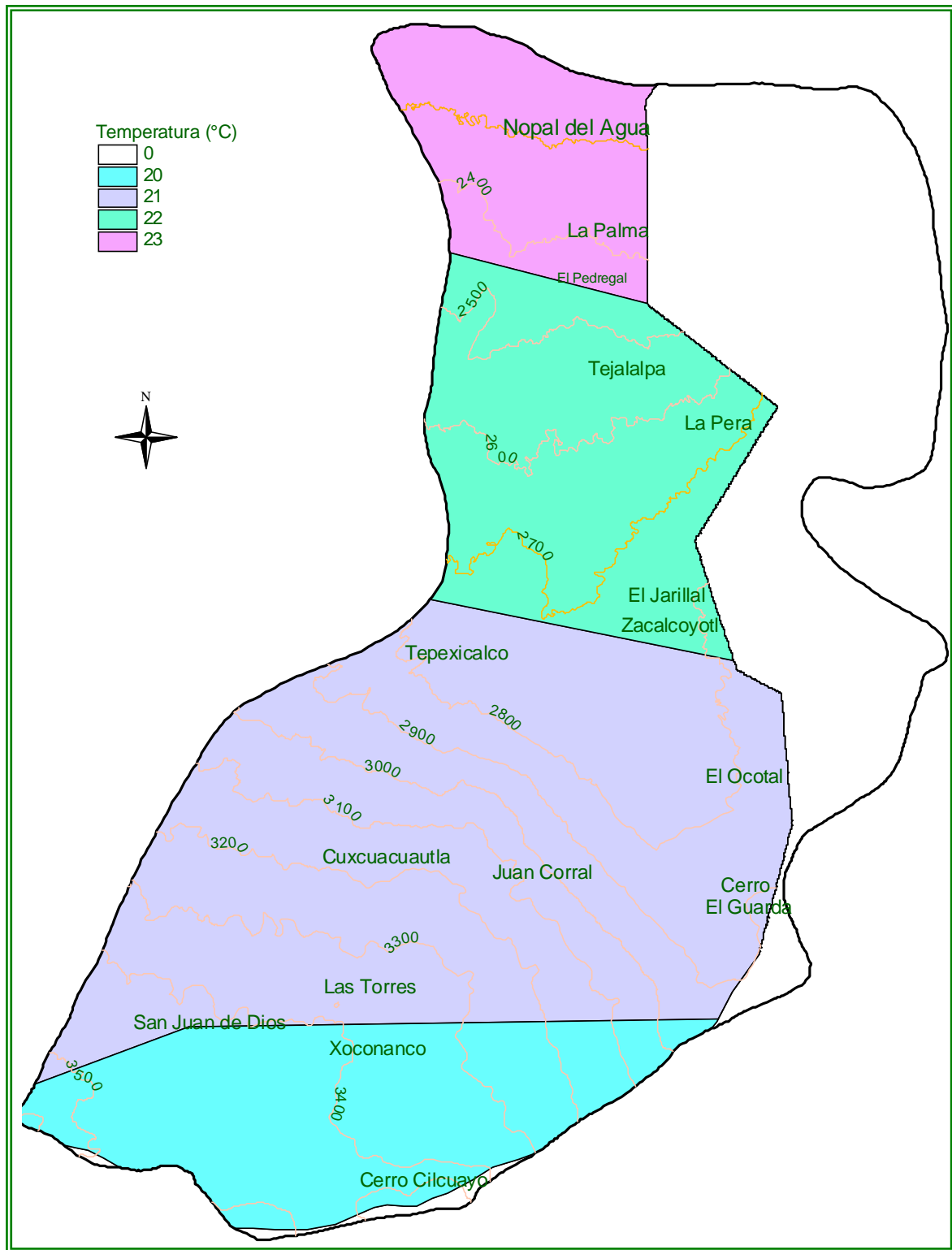
Las subcuencas del Distrito Federal se localizan dentro de una geoforma de segundo orden denominada Eje Neovolcánico o Cordillera Neovolcánica, esta cordillera recibe varios nombres; según la zona de la subcuenca son 4 serranías: Sierra de Guadalupe, Sierra de las Cruces, Sierra del Ajusco y Sierra del Chichinautzin.

En la zona de la microcuenca Cilcuayo (Fig. 5), recibe el nombre de Sierra del Chichinautzin, localizada al sur y sureste del DF., abarca parte de los Estados de Morelos y de México. Pertenece a la provincia fisiográfica denominada Eje Neovolcánico, a la subprovincia 57 Lagos y volcanes de Anáhuac.

Debido a éstas características el área de trabajo tiene pendientes que van del 6 al 15% (Fig. 5), situación que convierte a ésta Subcuenca en prioritaria para la realización de trabajos de conservación de suelo y agua.

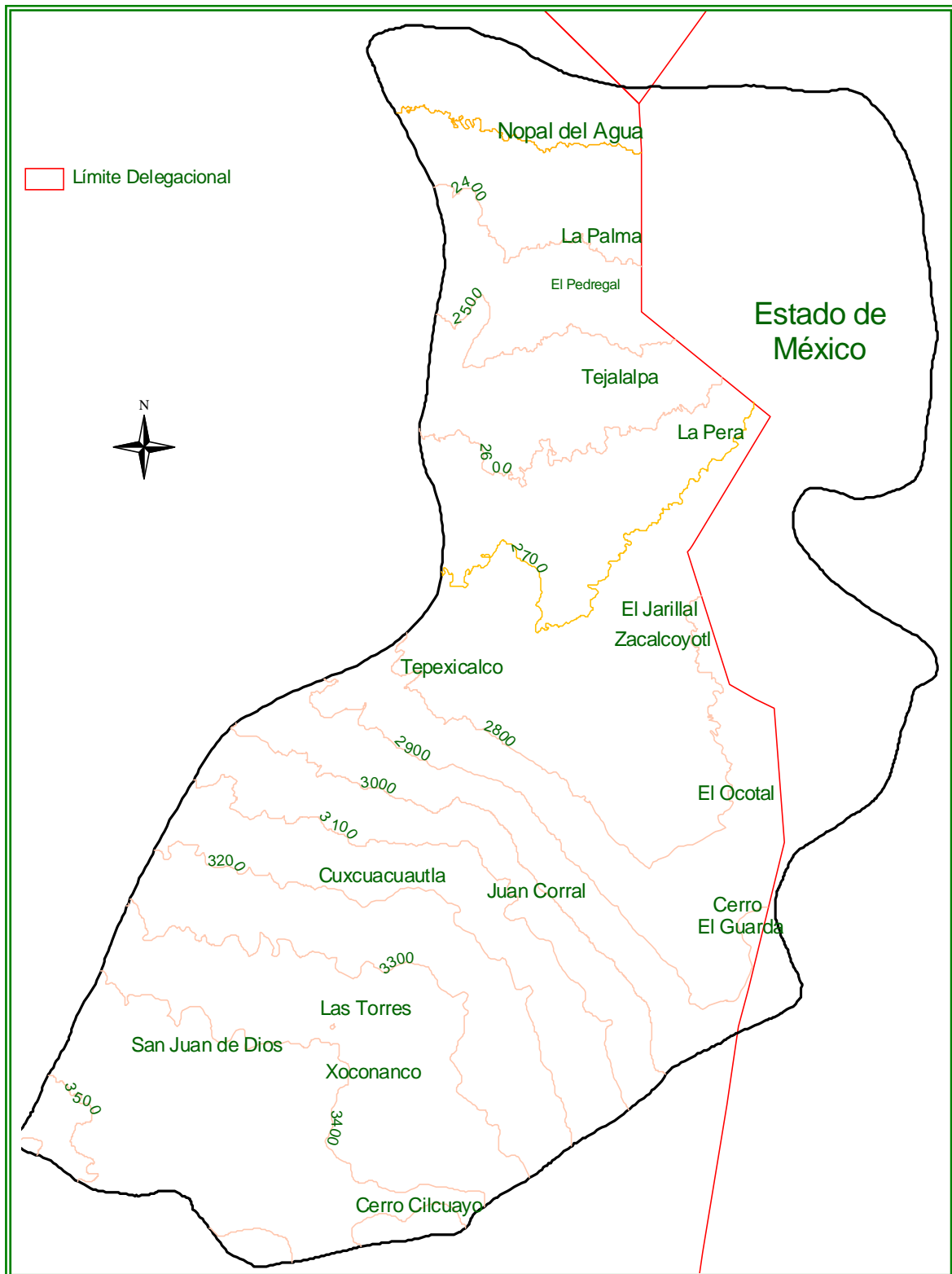


Fig. 4 Temperatura



Fuente: PRPC Microcuenca Cilcuayo, SAGARPA-FIRCO (2004).

Fig. 5 Fisiografía.



Fuente: PRPC Microcuenca Ciluayo, SAGARPA-FIRCO (2004).

### 4.3.3 Hidrología

La Microcuenca Cilcuayo, pertenece básicamente a la Región Hidrológica RH26 D Subcuenca L. Texcoco – Zumpango. (Cuadro 2)

Cuadro 2. Regiones, cuencas y micro cuencas hidrológicas

Región Hidrológica	Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Superficie Ha	Superficie %
RH26 PANUCO	Río moctezuma	Lago de Texcoco-Zumpango	Tlaloc	1735	34.1
			<b>Cilcuayo</b>	<b>1451</b>	<b>28.5</b>
RH 18 BALSAS	Río Grande de Amacuzac	Río Huautla	Nepanapa	1904	37.4

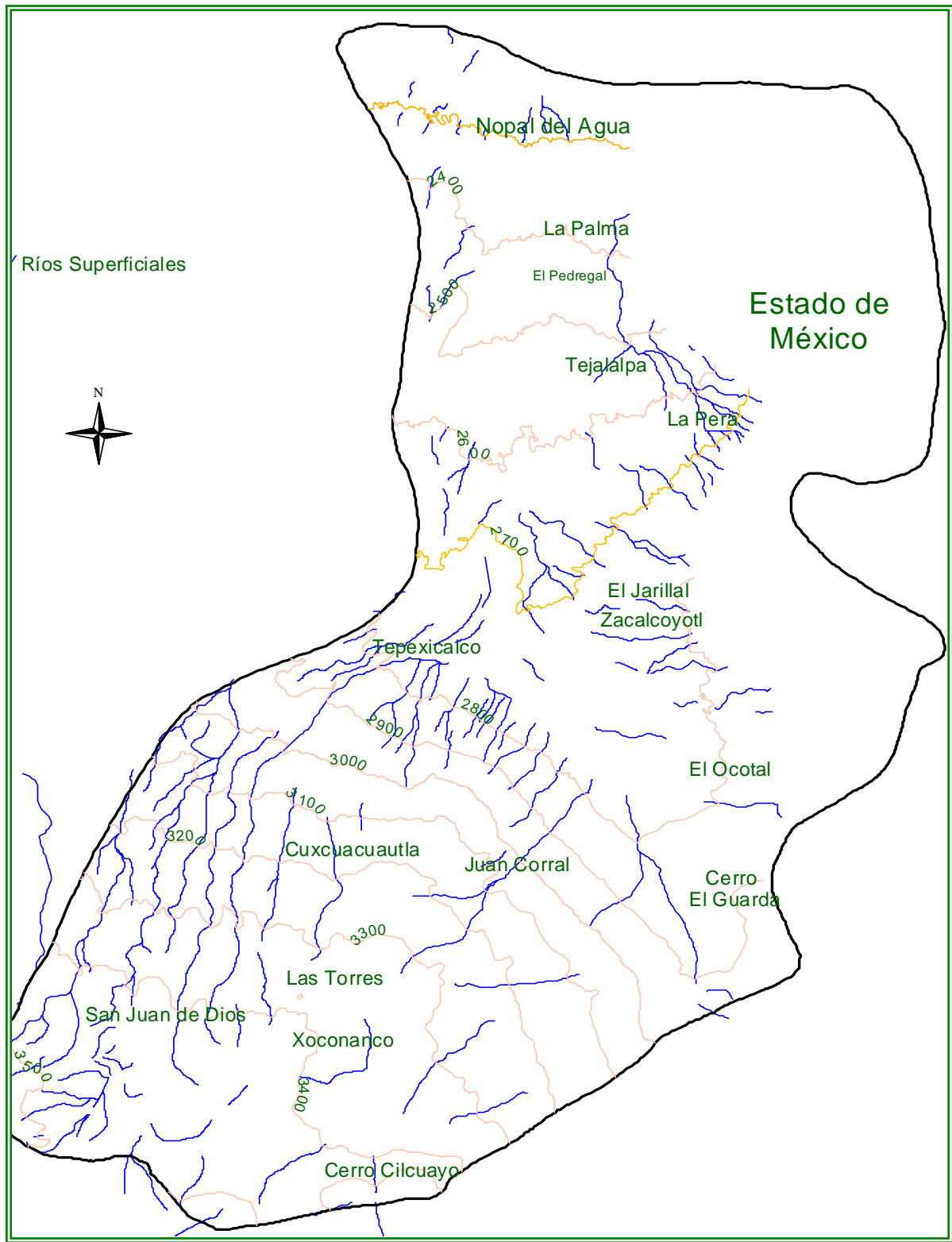
Fuente: PRPC Microcuenca Cilcuayo, SAGARPA-FIRCO (2004).

Presenta escurrimientos superficiales intermitentes. El tipo de la red de drenaje es dendrítica de 2°, 3° y 4° orden, con escurrimientos superficiales intermitentes o temporales, con un escurrimiento máximo de la microcuenca de 517 m<sup>3</sup>/seg., (con un índice de escurrimiento máximo de 0.0777) y cuyo destino es la infiltración en la zona, pues no existe una desembocadura como tal.(Fig.6)

### 4.3.4 Geología

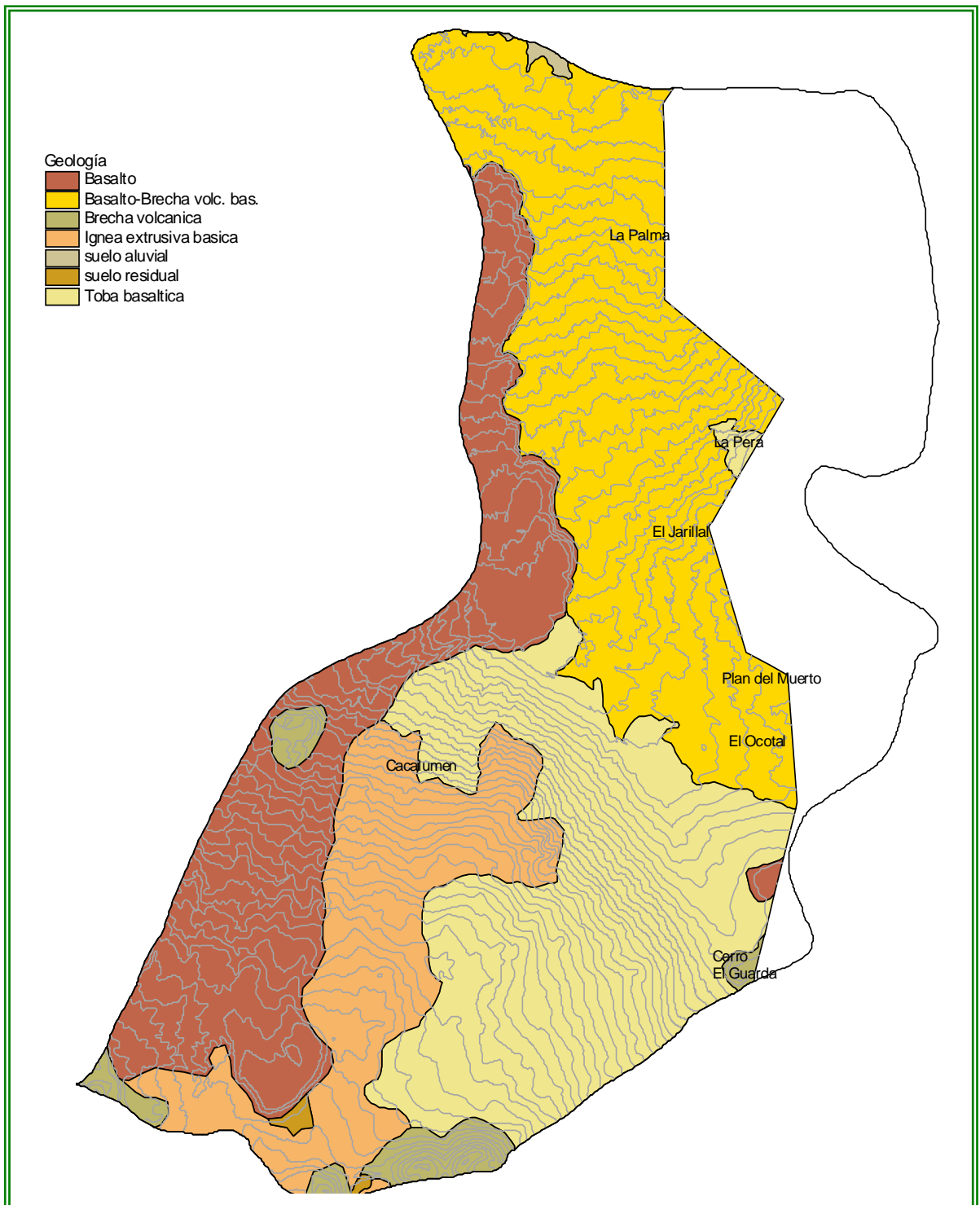
Dada la relativa juventud de esta formación geológica (menos de 1 millón de años) y que en la actualidad se encuentra en pleno desarrollo, las serranías litológicamente están representadas por una dominancia de rocas ígneas extrusivas, tobas, brechas y basaltos, así como fracturas originadas por el vulcanismo de fines del mesozoico y principios del cenozoico de composición basáltica, que va desde coladas de lava hasta material piro clástico, tobas, brechas y en menor proporción areniscas; de acuerdo a la (SARH 1987), hay un alto porcentaje de aluviones. (Fig. 7)

Fig. 6 Hidrología.



Fuente: PRPC Microcuenca Cihuayo, SAGARPA-FIRCO (2004).

Fig. 7 Geología



Fuente: PRPC Microcuenca Cilcuayo, SAGARPA-FIRCO (2004).

### 4.3.5 Suelos

De acuerdo a lo reportado por la SARH (1987), básicamente el tipo de suelo que predomina en la microcuenca es de dos clases: el Litosol con 4600 ha. (76 %), le sigue el Feozem con 1,207 ha. (20 %); en menor proporción se encuentran el Andosol con 186 ha. (3%), y el Fluvisol con tan solo 43 ha (1%) (Fig. 8).

Presentan un horizonte A mólico de color gris muy oscuro de hasta 50 cm de espesor. El contenido de arcillas disminuye con la profundidad. El pH en la superficie puede llegar a ser de más de 7.0 pero disminuye en su interior, al igual que la materia orgánica que es mayor a 1%. Esta se encuentra en estado de humus bien desarrollado.

**Litosol:** tipo de suelo susceptible a erosión hídrica laminar, pasando de moderada a incipiente, suelo somero con capa arable muy delgada y la roca madre se encuentra a poca profundidad, con espesor de 10 a 40 cm, es de color café oscuro a café grisáceo oscuro, presenta una textura franca y franco-arenosa, descansan sobre roca basáltica, tiene un relieve ondulado con pendientes del 12 al 20% con abundante pedregosidad superficial y en perfil; de porosidad mediana, con drenaje superficial de moderado a rápido y un drenaje interno moderado, sin problemas de manto freático. Con contenido medio de nutrientes, se encuentran en pendientes abruptas en donde poco o ningún material del suelo madre se ha depositado. Su escasa profundidad y su ubicación en pendientes los hace desfavorables para la agricultura. Esto constituye una limitante para la agricultura de la microcuenca, pues es el tipo de suelo que se encuentra en mayor proporción (76 %), cubriendo casi su totalidad a excepción de una franja ancha que recorre la zona central hasta casi la parte media y algunas zonas al norte, a la altura de Tecómitl y San Nicolás Tetelco, donde el suelo es de tipo Feozem.

**Feozem:** El 20 % de la microcuenca corresponde a este tipo de suelo que se caracteriza por ser somero a profundo, de color café a café oscuro, de textura

arcillosa con una capa rica en materia orgánica y nutriente, retiene gran cantidad de agua permitiendo que la humedad excesiva se infiltre libremente. Se originan a partir de material ígneo ácido; de textura migajón-arcillosa y migajón arenoso. Son suelos de fertilidad elevada y producen buenas cosechas y sustentan varios tipos de vegetación. Son susceptibles a la erosión por agua y por viento principalmente cuando no se toman las precauciones necesarias para la conservación de suelo y agua. (Fuente: PRPC Microcuenca Cilcuayo, SAGARPA-FIRCO 2004)

**Andosol:** suelo de color oscuro procedente de la desintegración de vidrio volcánico con mayor permeabilidad que el anterior; este tipo de suelo por su baja compactación, es susceptible tanto a la erosión eólica como a la hídrica laminar, en surcos y cárcavas principalmente. Tiene un relieve de ligeramente plano a ligeramente ondulado con pendientes del 2 al 15%, no presenta rocosidad superficial, tiene un drenaje superficial de moderado a rápido, el drenaje interno de moderado a rápido sin manto freático elevado. (Fuente: PRPC Microcuenca Cilcuayo, SAGARPA-FIRCO 2004)

**Fluvisol:** El término Fluvisol deriva del vocablo latino "fluvial" que significa río, haciendo alusión a que estos suelos están desarrollados sobre depósitos aluviales. El material original lo constituyen depósitos, predominantemente recientes, de origen fluvial, lacustre o marino.

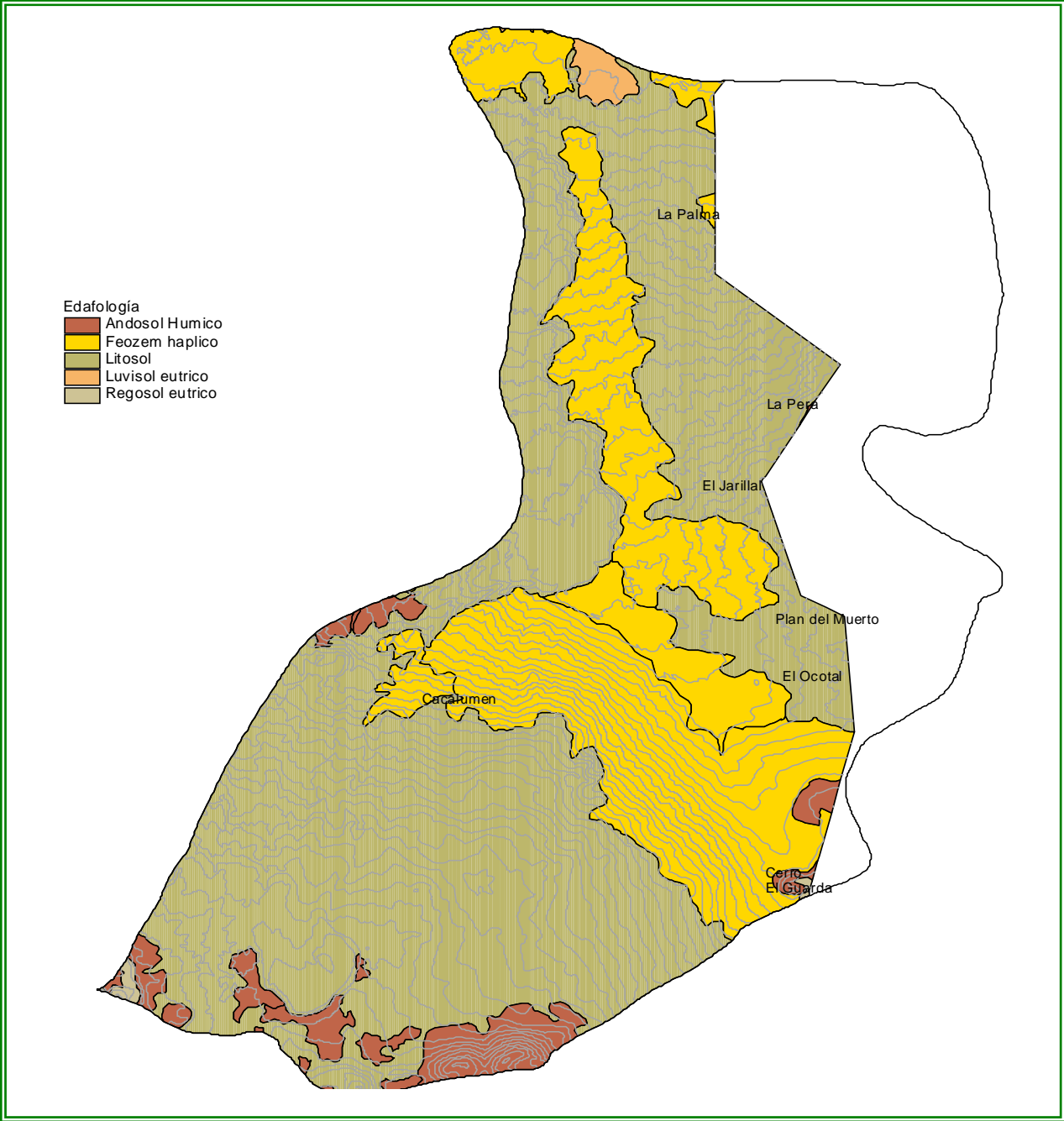
Se encuentran en áreas periódicamente inundadas, a menos que estén protegidas por diques, de llanuras aluviales, abanicos fluviales y valles pantanosos. Aparecen sobre todos los continentes y cualquier zona climática.

El perfil es de tipo AC con evidentes muestras de estratificación que dificultan la diferenciación de los horizontes, aunque es frecuente la presencia de un horizonte Ah muy conspicuo. Los rasgos redoximórficos son frecuentes, sobre todo en la parte baja del perfil.

Los Fluvisoles suelen utilizarse para cultivos de consumo, huertas y, frecuentemente, para pastos. Es habitual que requieran un control de las

inundaciones, drenajes artificiales y que se utilicen bajo regadío. Cuando se drenan, los Fluvisoles sufren una fuerte acidificación acompañada de elevados niveles de aluminio. (Edafo / FAO 2008)

Fig. 8 Tipos de suelo en la Microcuenca Cilcuayo.



Fuente: PRPC Microcuenca Cilcuayo, SAGARPA-FIRCO (2004).



#### 4.3.5.1 Erosión.

La erosión se puede definir como el proceso físico que consiste en la remoción, transporte y depositación de suelo e incluso hielo, debido a la acción del agua, el viento y el hombre. Estos agentes generan varios tipos de erosión, destacando la erosión hídrica, eólica y antrópica. Siendo de mayor importancia para este trabajo la hídrica, la cual es producida por las gotas de lluvia, ya que el impacto de éstas sobre la superficie del suelo provoca el desplazamiento de las partículas, además de que el agua que no es absorbida por el suelo o la vegetación comienza a formar corrientes, originando la remoción de grandes volúmenes de suelo y la formación de cárcavas. La erosión eólica consiste en la remoción y pérdida de suelo debido a la acción del viento, cuando se encuentran los terrenos agrícolas en barbecho principalmente o cuando están desprovistos de una cubierta vegetal. La erosión antrópica consiste en la pérdida del suelo como consecuencia de la mala aplicación de las prácticas culturales que el hombre realiza al cultivar la tierra. (Fig. 9)

La **erosión potencial** se estima considerando los factores naturales, es decir, aquellos que no se pueden manipular por el hombre, tal es el caso de la intensidad y cantidad de la precipitación pluvial, la erodabilidad del suelo así como la longitud y grado de pendiente.

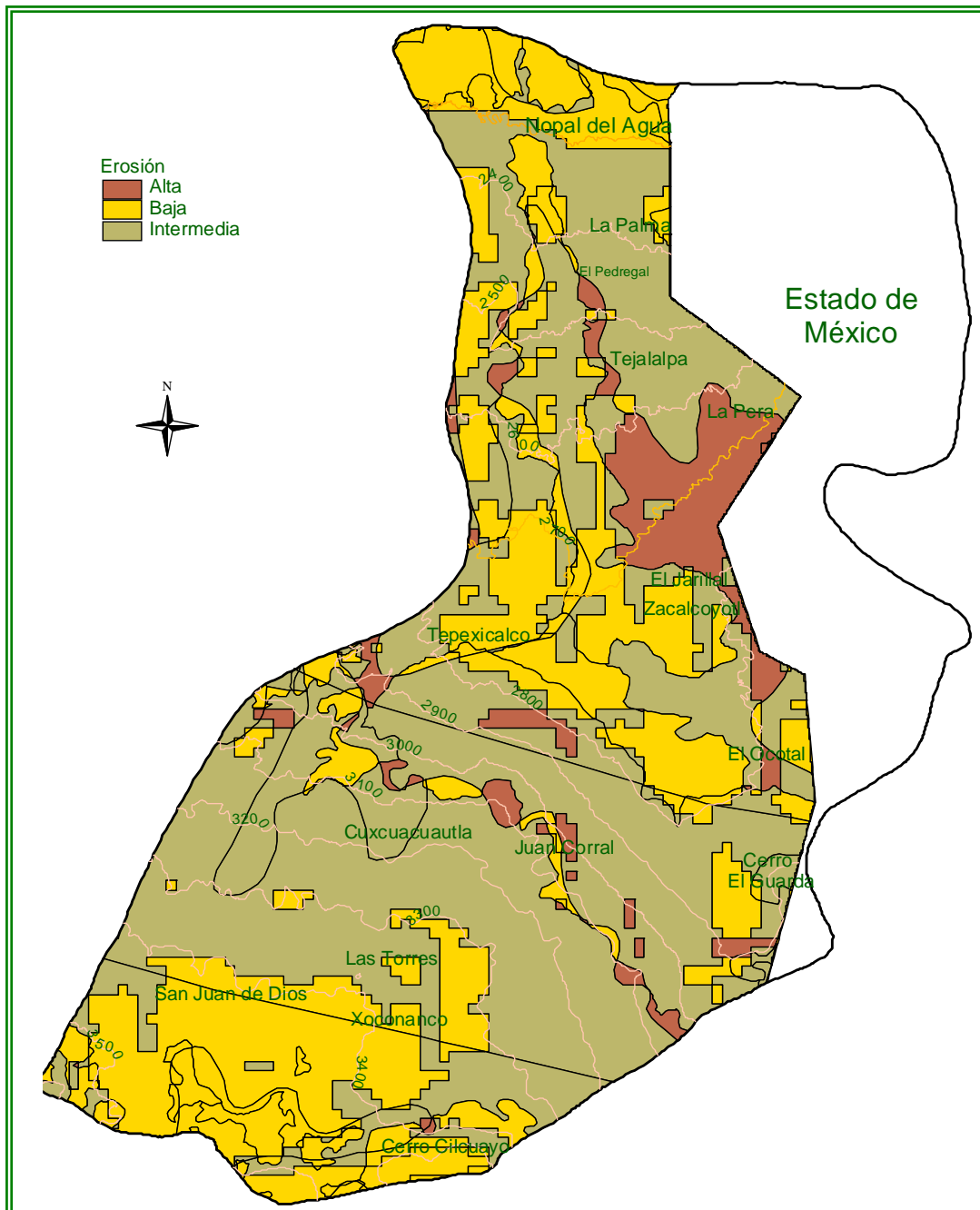
En tanto que la **erosión actual** se estima considerando la cobertura vegetal, las obras y prácticas de manejo que mediante manejo de los mismos, se pueden manipular.

Dada la importancia que tiene el controlar la erosión hídrica, a fin de mantener el nivel de productividad de los terrenos agrícolas, el presente proyecto plantea una serie de acciones encaminadas a disminuir la tasa de erosión actual.

Considerando las condiciones naturales del área del proyecto, se estima una **erosión potencial de 660 ton/ha/año**, así mismo, considerando las condiciones de manejo actuales, se estima una tasa de erosión actual de **410 ton/ha/año**.

Con las obras y prácticas que se propusieron en el presente proyecto (Fig. 16), (Anexo 1y2), la tasa de erosión actual se estima en **200 ton/ha/año**, lo que significa reducir la pérdida de suelo a la mitad de lo que actualmente ocurre.

Fig.9 Erosión en la Microcuenca Cilcuayo.



Fuente: PRPC Microcuenca Cilcuayo, SAGARPA-FIRCO (2004).

#### 4.4. Diagnostico fotográfico de la Zona de Trabajo

Zona de trabajo en Santa Ana Tlacotenco del grupo Metenco Guarda



Figura No. 10 Formación de canales a causa de la erosión hídrica, se observa la pendiente general del terreno.

Inspección al área que requiere estructuras de conservación



Figura No. 11 Principios de formación de cárcavas a causa de la erosión hídrica.



Recorrido con los productores para establecer los puntos que se atenderán



Figura No. 12 Bordo deteriorado con erosión hídrica evidente.

Vista de terreno cuando cuenta con cubierta vegetal



Figura No. 13 Terreno con bordos en los linderos de parcelas.



Aun cuando tiene cubierta vegetal se observa el área donde se concentran los escurrimientos.



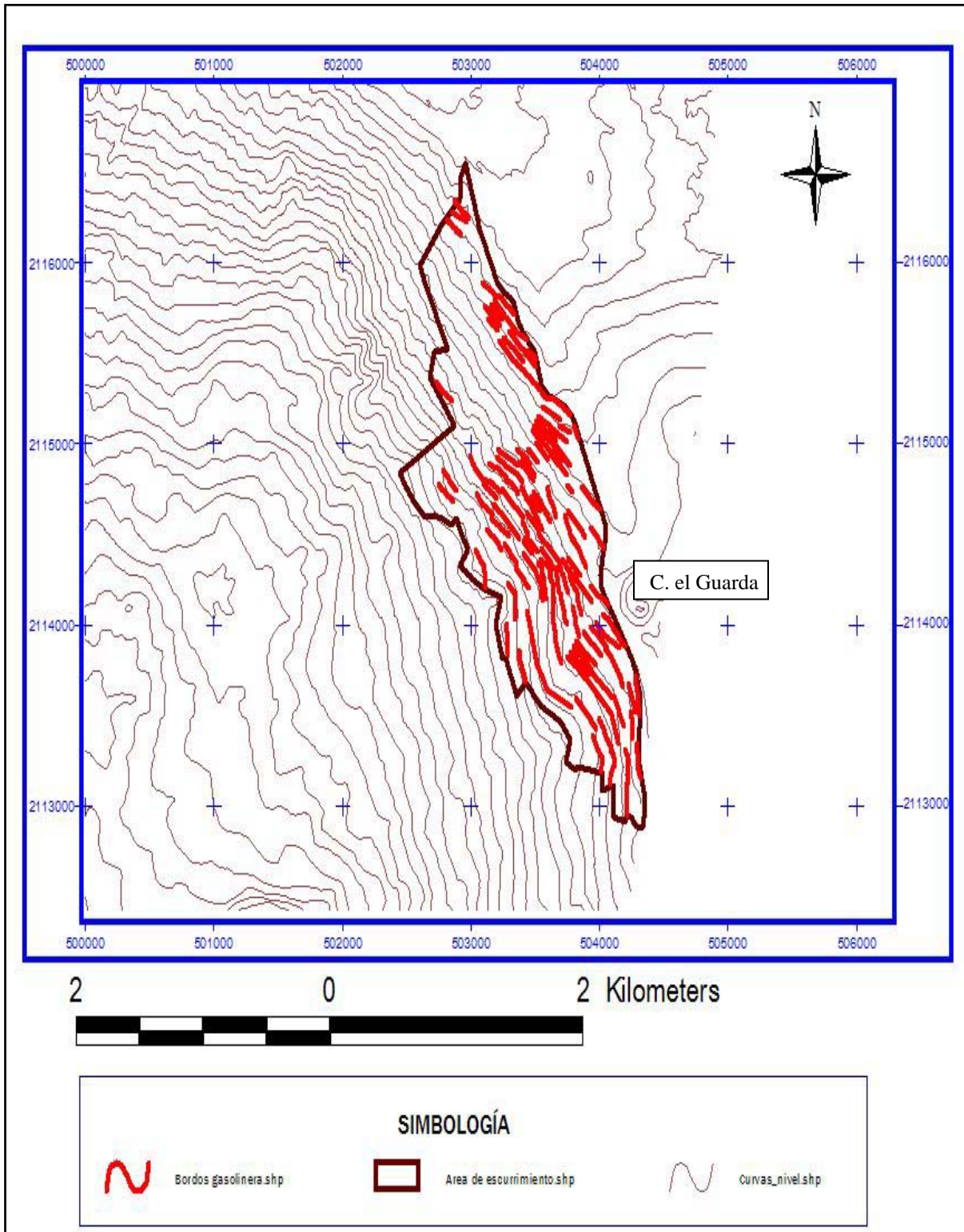
Figura No. 14 Cultivo de avena en la zona del proyecto.

Problema causado por la combinación de erosión hídrica y pendiente.



Figura No. 15 Erosión hídrica en canales, en áreas cultivadas con avena.

Fig. 16 Zona de diagnostico y ubicación de obra.



Fuente: Elaboración propia.

## **V. Proyecto MA/003 “Conservación de suelo y agua “del grupo Metenco Guarda**

### **5.1 Objetivos del proyecto en el que participe**

#### **5.1.1 Objetivo General**

Implementar una serie de acciones de protección, conservación, restauración, rehabilitación, uso y manejo sustentable en los recursos naturales a través de estrategias que permita controlar los procesos erosivos y, principalmente, favorecer una mayor cantidad y calidad de las aguas en el sistema hidrológico regional, que sean conducidas con criterios técnicos, involucrando a la población objetivo en coordinación con las instancias de los gobiernos locales.

#### **5.1.2 Objetivos Particulares**

- Reducir la pérdida de suelo causada por erosión hídrica en la zona agrícola de la comunidad de Santa Ana Tlacotenco (Del. Milpa Alta). Con la construcción de muros filtrantes ,presa de piedra acomodada, zanjas- bordo y ollas de captación de agua pluvial
- Incrementar la retención del agua de lluvia, para favorecer la infiltración y mantener la producción agrícola de la zona.
- Incentivar la organización de productores para acceder a recursos tales como los PEC 2007, con la finalidad de conservar y restaurar sus recursos naturales.
- Beneficiar a la comunidad a través de la creación de fuentes de empleo temporales.

### **5.2 Metas**

Con base en este proyecto Integral de Conservación de suelo y agua, se elaboraron las siguientes acciones a desarrollar, enunciadas en el cuadro 3.

En éste proyecto se desarrollaron 5 actividades para el grupo Metenco- Guarda, a continuación se menciona la meta de cada una.

Cuadro 3 Metas del Proyecto

TIPO DE OBRA	UNIDAD	CANTIDAD
ZAMPEADO DE CUNETAS	m <sup>3</sup>	25.00
ZANJA BORDO	m <sup>3</sup>	8,131
PRESAS DE PIEDRA ACOMODADA	m <sup>3</sup>	59.92
MUROS FILTRANTES	m <sup>3</sup>	92.32
OOLLA DE CAPTACIÓ DE AGUA PLUVIAL	pieza	2.00

Fuente: Elaboración propia.

### 5.3 Tipos de obra

#### 5.3.1 Presa de piedra acomodada

También se les llama presas filtrantes de piedra acomodada. Son estructuras de carácter temporal, construidas con piedras acomodadas, las cuales se colocan transversalmente a la dirección del flujo de la corriente y se utilizan para el control de la erosión en cárcavas. Es importante tomar en cuenta el empotramiento de la estructura, ya que de eso dependerá que la presa no sufra rupturas por volteamiento. De preferencia éstas deben ubicarse sobre rocas y no en curvas. La altura de la presa no debe exceder de los 5.0 m (Cáceres 1900). La corona debe tener de 0.5 a 0.8 m y la base debe estar en función de la altura, además debe contar con un delantal cuya longitud tendrá el doble de la altura efectiva de la presa (Fig.17) (Anexo1y2).

El diseño está considerado únicamente presas de tipo gravedad, en las que todas las fuerzas que intervienen en la estabilidad de la obra son equilibradas por el peso propio de la estructura (Cáceres 1990).



### Objetivos.

- Controlar erosión en cárcavas.
- Reducir la velocidad de escurrimiento.
- Retener azolves.

### Beneficios.

- Retienen suelo.
- Estabilizan lechos de cárcavas.
- Permiten el flujo normal de escurrimientos superficiales.
- Propician la infiltración de agua a los mantos acuíferos.
- Sirven para corregir la pendiente del terreno.

Las dimensiones de una presa de piedra acomodada dependen de la pendiente o grado de inclinación que presenta la cárcava, así como la profundidad y cantidad de escurrimientos superficiales.

La obra se recomienda para cárcavas con pendientes moderadas donde la superficie del área de escurrimiento genere flujos de bajo volumen, ya que son estructuras pequeñas. En promedio miden entre 1.20 m y 2.0 m de altura, por lo que en caso de presentarse cárcavas de mayor dimensión, sólo se construirán hasta éste límite. En cuanto a su ancho, deberán ubicarse de preferencia en sitios no mayores de 4.0 m.

Es conveniente asegurar que la estructura sea lo más resistente a volcaduras provocadas por las corrientes de agua que impactan las paredes, por lo que se recomienda fijar adecuadamente. Se construyen traslapando las piedras para aumentar la trabazón entre las mismas.

Con el fin de lograr que la barrera retenga la mayor cantidad de sedimentos y funcione como presa filtrante, debe procurarse que entre las piedras acomodadas no queden espacios grandes y que sean cubiertos con piedras pequeñas.

El espaciamiento entre presas se calcula de acuerdo a la altura efectiva y pendiente de la cárcava. Normalmente se recomienda construir una presa con separación **cabeza - pie**. El control de cárcavas debe iniciarse en la parte alta de las cuencas, donde se origina el problema de erosión, ya que es donde las pendientes son más fuertes.

Ubicar las presas fue fácil debido a que en la zona no se han realizado trabajos de conservación y cuenta con gran número de cárcavas, sin embargo la participación de los productores fue decisiva para determinar los sitios que ellos consideraron de prioridad aunque no se ajustarán en su totalidad a los criterios técnicos ya mencionados.

Fig. 17 Presa filtrante de piedra acomodada.



La fórmula para calcular el volumen es la siguiente:

$$V = \frac{B + b}{2} (H \times L) \quad \text{donde}$$

B = base mayor

b = base menor

H = altura  
L = longitud

Para el caso de la presa se suman los volúmenes de muros vertedores y el delantal o colchón, cuya formula es la de un cubo.

$$V = A \times L \times H$$

A = ancho  
L = longitud  
H = altura

Donde: Vol. Cuerpo + Vol. Vertedores + Vol. Delantal = **Vol. Total**

**EJEMPLO** Ver Anexo 3 punto N° 10

B = base	2.0 m
B = corona	0.9 m
L = largo	7.0 m
H = altura	4.23 m
L m v = long. muro. vert.	3.0 m

h = alt. vertedor	0.6 m
A c = ancho colchón	3.0 m
L c = largo colchón	2.5 m
H c = altura colchón	0.31 m

**VOLUMEN TOTAL = 14.16 m<sup>3</sup>**

### **5.3.2 Muro Filtrante de Piedra Acomodada.**

Son un conjunto de rocas colocadas de manera lineal en curvas a nivel y de manera perpendicular a la pendiente, para retener suelo en zonas con presencia de erosión hídrica laminar. Normalmente se utiliza en los bordes de taludes, por lo que las dimensiones están en función de la altura y longitud del mismo. (Fig. 18) (Anexo 1y2)

Objetivos:

- Disminuir la velocidad de escurrimientos en terrenos de ladera.
- Coadyuvar al establecimiento de la vegetación forestal.
- Retener suelo en zonas con erosión laminar.
- Propiciar la infiltración de agua.

Beneficios:

- Aumentar la cantidad de agua infiltrada.
- Disminuir erosión hídrica laminar.
- Favorecer la disponibilidad de agua para la vegetación.
- Mejorar la calidad del agua.

Estos muros deben tener un empotramiento que va de los 10 cm. a los 40 cm. dependiendo de la estabilidad del suelo. Para su construcción las piedras deben colocarse de tal modo que las caras más planas queden hacia fuera, principalmente las que van a quedar en contacto con los sedimentos. En algunos casos es necesario partir las rocas con marro para lograr que las caras sean planas. Para tener una mejor conformación de la barrera se pueden colocar algunos hilos siguiendo las curvas a nivel.

Estas estructuras se ubicaron para reforzar taludes que se perdían por la erosión y al mismo tiempo delimitar terrenos. Aunque el volumen realizado para ésta obra no alcanzó a cubrir los requerimientos que se tienen.

Fig.18 Muro filtrante de piedra acomodada.



Para calcular el volumen se utiliza la siguiente formula:

$$V = B + b/2 (H \times L)$$

**EJEMPLO:** Ver Anexo 3 punto N° 1

H = altura:	2.0 m
B = base	1.5 m
b = corona	0.6 m
L = longitud	5.6 m

**VOLUMEN TOTAL = 11.76 m<sup>3</sup>**

### 5.3.3 Zanja – Bordo.

Son un conjunto de zanjas y bordos continuos que se construyen siguiendo curvas a nivel, en donde el volumen de excavación se coloca aguas abajo para formar el bordo. Se recomienda compactarse o protegerse con pastos o árboles para estabilizarlo y evitar que los escurrimientos se lleven el suelo. (Fig. 19) (Anexo1y2)

#### Objetivos.

- Disminuir la erosión hídrica.
- Controlar la velocidad del escurrimiento.
- Propiciar la infiltración de agua de lluvia.
- Retener humedad.

#### Beneficios.

- Disminuyen la velocidad de escurrimiento.
- Favorecen mayor infiltración de agua.
- Retienen humedad.
- Favorecen el desarrollo de especies forestales.

Las zanjas se construyen siguiendo una curva de nivel a partir de una línea guía o línea madre; el trazo se puede realizar con el aparato "A". También se puede utilizar el clisímetro, nivel de manguera, nivel de mano o nivel montado con el tránsito.

La apertura de zanja- bordo se recomienda en terrenos que presentan rangos de pendiente del 8% al 45% como máximo.

Las distancias recomendadas para z-b son de 20 m entre líneas, ajustando éstas medidas de acuerdo con la topografía de cada terreno y con las condiciones ambientales de cada lugar.

El bordo se debe formar con el producto del suelo extraído, producto de la excavación. Las dimensiones pueden variar de acuerdo a las condiciones de cada terreno.

La realización y supervisión de ésta obra implico grandes desplazamientos a pie y en camioneta, en los parajes de Metenco y El Guarda, debido a que en algunos sitios sólo hay acceso por veredas; capacité a los productores y algunos técnicos que me supervisaban para el trazo de curvas de nivel.

Fig. 19 Zanja-Bordo.



La formula utilizada para calcular el volumen extraído es la siguiente:

$$V = A \times H \times L \quad \text{donde:}$$

A = Ancho

H = Altura

L = Longitud

**EJEMPLO:** Ver Anexo 3 punto N° 20

H = altura: 1.0 m

A = ancho 2.0 m

L = largo: 135.5 m

**VOLUMEN TOTAL = 271.0 m<sup>3</sup>**

### 5.3.4 Zampeado de cuneta

Es el revestimiento de la cuneta con piedra braza juntoada con una mezcla de arena, agua y cemento a una profundidad que puede variar de 25 a 35 cm., según lo requiera el tipo de suelo en el que se trabaja, así como de la pendiente.

(Fig. 20) (Anexo 1y2)

#### Objetivos

- Disminuir la erosión hídrica.
- Encauzar los escurrimientos a donde no causen daños
- Evitar el crecimiento en profundidad y anchura de las cunetas.
- Aprovechar el agua pluvial, para el llenado de ollas de captación.

#### Beneficios esperados

- Estabilización de la cuneta.
- Mayor aprovechamiento de las precipitaciones.
- Disminuye la erosión.

El zampeado de cuneta pudo realizarse en cualquier otro sitio como protección de caminos, pero decidí colocarlo como canal de llamada, repartiendo el volumen en las dos ollas de agua y reforzar dichas estructuras.

Fig. 20 Zampeado de cuneta.





Su formula es la siguiente:

$$V = A \times H \times L$$

**EJEMPLO:** Ver Anexo 3 punto N° 17

H = altura: 0.30 m  
A = ancho 1.50 m  
L = largo: 27.8 m

**VOLUMEN TOTAL = 12.5 m<sup>3</sup>**

### **5.3.5 Olla de captación de agua pluvial.**

Las ollas de captación de agua son excavaciones cubiertas con geomembrana grado alimenticio (no desprende sustancias toxicas y puede utilizarse en el almacenamiento de agua para consumo humano ,acuacultura, agricultura) cuya función principal es la de almacenar agua de escurrimientos pluviales captados aguas arriba mediante un canal de llamada y en éste caso el zampeado de cuneta, que dirige los escurrimientos hacia un desarenador, en donde se separan las partículas sólidas del agua para verter hacia la olla, en caso de que ésta llegue a su máxima capacidad cuenta con un vertedor de demasías por donde saldrá el excedente. (Fig. 21 y 22) y (Anexo 1y2).

Geomembranas.

Las características impermeables y resistentes de las geomembranas PPVC lo hacen adecuado para ser usado como revestimiento impermeable en los suelos para proyectos de ingeniería geotécnica o civil, tales como:

Revestimiento de depósitos de agua (lagos, presas, estanques, embalses, etc.)

Fig. 21 Olla de captación de agua pluvial en forma triangular.



Fig. 22 Olla de captación de agua pluvial cuadrada.



## Beneficios esperados

Dentro de los servicios ambientales que proporciona el suelo de conservación son:

- Disminución de la pérdida de suelo a causa de la erosión hídrica.
- Retención de partículas suspendidas
- Regulación de microclima
- Captación de agua
- Infiltración de agua para recarga del acuífero
- Hábitat de diversas especies de flora y fauna

Mi experiencia en el caso de las ollas de agua no tuvo contratiempos ya que se ubico desde el primer recorrido y en acuerdo con los dueños de las parcelas, los sitios que cubren las especificaciones técnicas para el establecimiento de dicha estructura, pues no cualquier parcela asegura captar el volumen de agua para el llenado de la olla.

La fórmula para calcular tanto el volumen de tierra extraído, así como la capacidad de la olla es la siguiente:

$$V = \frac{H}{3} (B + \sqrt{Bb} + b)$$

H = altura

B = base mayor

b = base menor

(Es la fórmula de la pirámide truncada.)

**EJEMPLO:** Ver Anexo 3 punto N° 19

H = altura: 3.0 m

B = base mayor 25 X25 m

b = BASE MENOR 15 X 15 m

**VOLUMEN TOTAL = 1,225.00 m**

#### **5.4 BENEFICIOS ESPERADOS DE LAS OBRAS**

Dentro de los beneficios ambientales que se esperan lograr con la ejecución del presente proyecto son:

- Disminución de la pérdida del suelo a causa de la erosión hídrica.
- Retención de partículas suspendidas (tolvaneras).
- Regulación de microclima.
- Captación e infiltración de agua pluvial.
- Mejoramiento de la productividad del suelo de cultivo.

## 5.5 CONCEPTOS Y COSTOS.

### 5.5.1 Costo total del Proyecto

Cuadro 4. En este cuadro se desglosan los costos unitarios de mano de obra, materiales y herramienta como costos directos y los costos indirectos tales como la elaboración del proyecto y asistencia Técnica.

#### PROYECTO DE CONSERVACIÓN DE SUELO Y AGUA EN 500 HAS EN LOS PARAJES ZOQUIAC - ELUTIA- METENCO; SANTA ANA TLACOTENCO

TIPO DE OBRA	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO/m3	COSTOS DE OBRA					
				MANO DE OBRA/m3	SUBTOTAL MANO DE OBRA	MATERIALES/m3	SUBTOTAL MATERIALES	HERRAMIENTAS	TOTAL \$
Zampeado de cunetas	m <sup>3</sup>	25	913.64	416.00	<b>10,400.00</b>	497.64	<b>12,441.00</b>		<b>22,841.00</b>
Zanja - bordo	m <sup>3</sup>	7,727.78	30.00	30.00	<b>231,833.40</b>		-		<b>231,833.40</b>
Presas de piedra acomodada	m <sup>3</sup>	60.96	550.00	250.00	<b>15,240.00</b>	300.00	<b>18,288.00</b>		<b>33,528.00</b>
Muro filtrante de piedra acomodada	m <sup>3</sup>	113.74	550.00	250.00	<b>28,435.00</b>	300.00	<b>34,122.00</b>		<b>62,557.00</b>
Olla de captación de agua pluvial	pieza	2	273,194.30		<b>98,000.00</b>		<b>448,388.60</b>		<b>546,388.60</b>
<b>Subtotal de obra</b>					<b>383,908.40</b>		<b>513,239.60</b>	<b>20,885.00</b>	<b>918,033.00</b>
<b>Proyecto y asistencia técnica</b>									<b>111,443.42</b>
<b>TOTAL</b>									<b>1,029,476.40</b>

## 5.5.2 Calendario de ejecución

Cuadro 5 En este cuadro se desglosa de manera calendarizada el número de jornales que se requieren para cada una de las actividades, tomando en cuenta los rendimientos y el tiempo programado para la ejecución del proyecto.

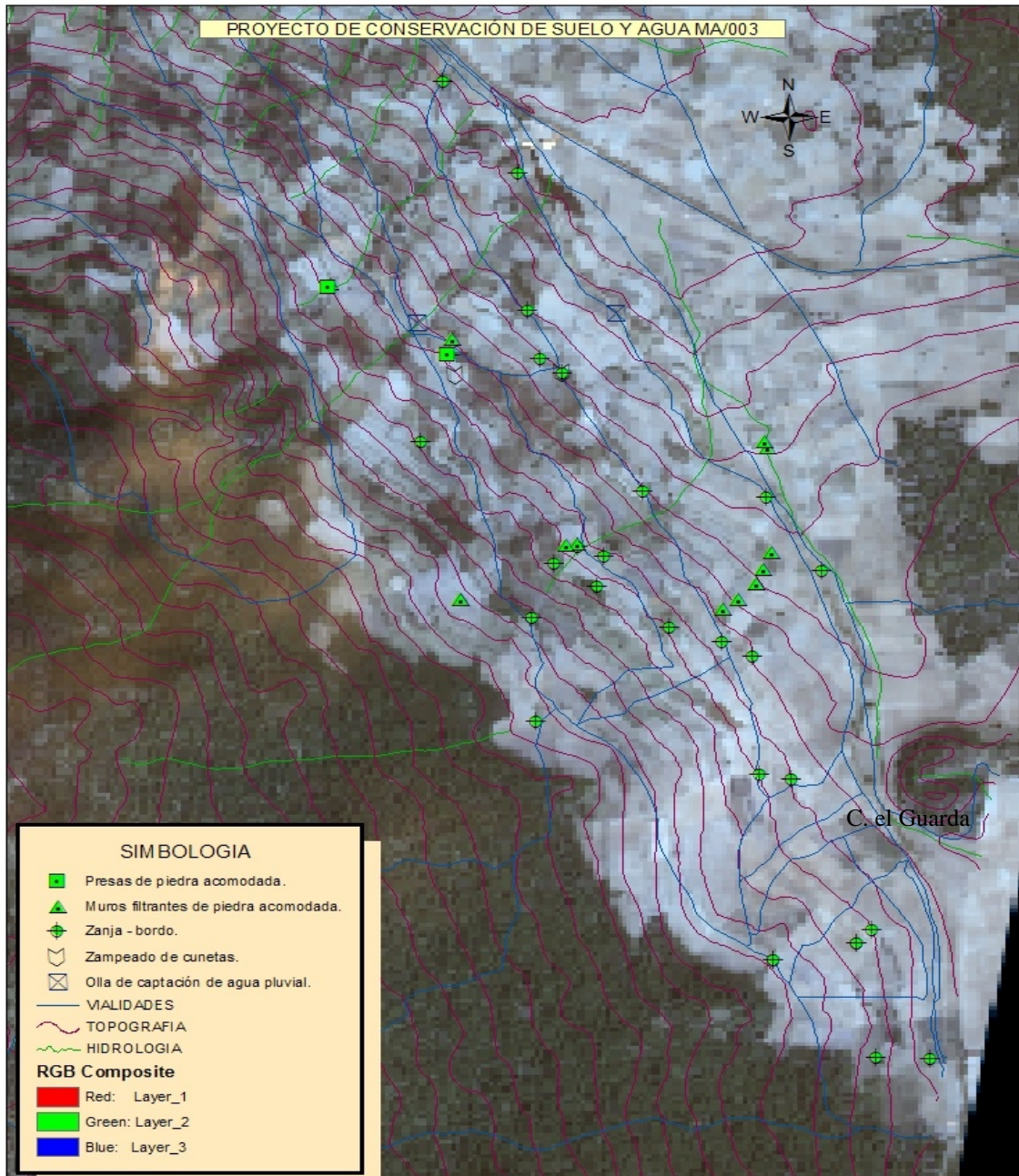
<b>PROYECTO DE CONSERVACIÓN DE SUELO Y AGUA EN 500 HAS EN LOS PARAJES ZOQUIAC - ELUTIA- METENCO; SANTA ANA TLACOTENCO</b>											
<b>Calendario de trabajo</b>											
TIPO DE OBRA	CANTIDAD	UNIDAD	RENDIMIENTO POR JORNAL	NÚMERO DE JORNALES	PERSONAL - VOLUMEN DE OBRA						VOLUMEN TOTAL DE OBRA
					OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE		
					PERSONAL	V. DE OBRA	PERSONAL	V. DE OBRA	PERSONAL	V. DE OBRA	
ZAMPEADO DE CUNETAS	25	m <sup>3</sup>	0.25	104			4	26.00			26.00
ZANJA - BORDO	7,727.78	m <sup>3</sup>	3.33	2442	32	2,851.20	32	2,745.60	31	2,534.40	8,131.20
PRESAS DE PIEDRA ACOMODADA	60.96	m <sup>3</sup>	0.4	150			3	31.12	3	28.80	59.92
MUROS FILTRANTES	113.74	m <sup>3</sup>	0.4	231	3	32.40	3	31.12	3	28.80	92.32
OLLA DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL	2	PIEZA						1		1	2
<b>TOTAL</b>				<b>2926</b>	<b>35</b>		<b>42</b>		<b>37</b>		



## 5.6 ANEXOS

### 5.6.1 ANEXO 1 PLANOS DE UBICACIÓN DE OBRA REALIZADA.

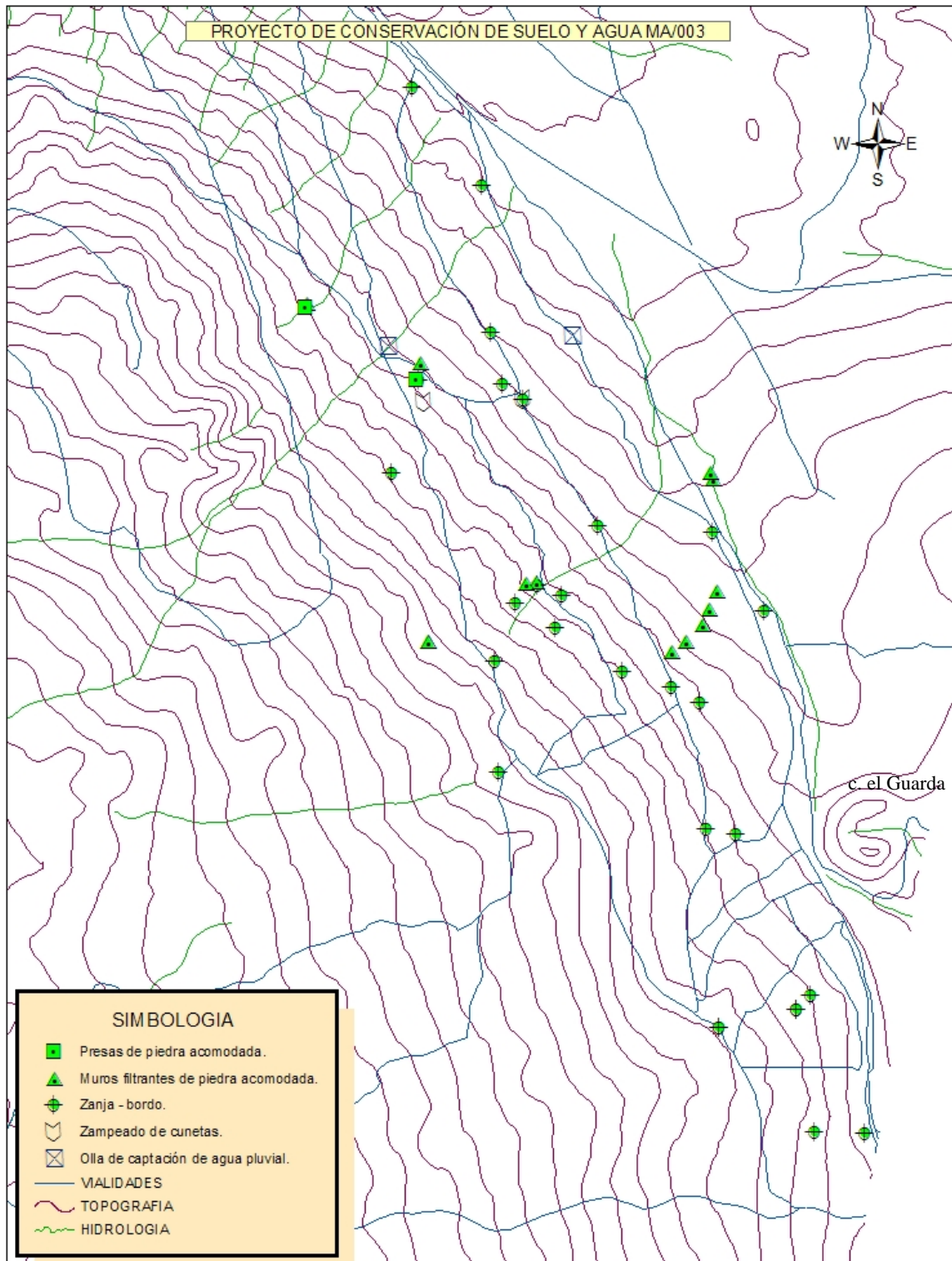
PLANO 1. (Foto satelital)



Fuente: Elaboración propia

5.6.2 ANEXO 2

PLANO 2. Topográfico.



Fuente: Elaboración propia



### 5.6.3 ANEXO 3

### Ubicación georeferenciada y diseño de obra

No.	TIPO DE OBRA	COORDENADAS		VOLUMEN m <sup>3</sup>	DIMENSIONES				
		X	Y		LONG.	ALTURA	ANCHO	BASE	CORONA
1	MURO FILTRANTE DE P. A.	503689	2114711	11.76	5.6	2.0		1.5	0.6
2	MURO FILTRANTE DE P. A.	502873	2114743	11.55	5.5	2.0		1.5	0.6
3	MURO FILTRANTE DE P. A.	502845	2115679	15.76	7.9	1.9		1.5	0.6
4	MURO FILTRANTE DE P. A.	503812	2114853	7.803	5.4	1.7		1.2	0.6
5	MURO FILTRANTE DE P. A.	503840	2114914	3.575	5.0	1.1		0.8	0.05
6	MURO FILTRANTE DE P. A.	503826	2115288	2.064	4.3	0.8		0.7	0.5
7	MURO FILTRANTE DE P. A.	503815	2115310	4.982	6.0	1.5		1.0	0.5
	muro lateral				1.0	0.5	0.5		
8	MURO FILTRANTE DE P. A.	503792	2114801	11.73	6.9	2.0		1.2	0.5
9	MURO FILTRANTE DE P. A.	503735	2114745	9.45	5.0	1.0		1.5	0.6
A	MURO FILTRANTE DE P. A.	502468	2115877	15.33	7.3	2.0		1.5	0.6
B	MURO FILTRANTE DE P. A.	503234	2114942	3.24	3.6	1.2		1.0	0.5
C	MURO FILTRANTE DE P. A.	503200	2114941	8.83	6.2	1.5		1.3	0.6
D	MURO FILTRANTE DE P. A.	502871	2114746	7.666	4.0	1.9		1.4	0.6
				113.74					
10	PRESA DE PIEDRA A.	502463	2115864	14.16	5.8	2.0		1.5	0.6
	vertedor				2.6	0.5	0.6		
	colchón				2.0	0.3	2.0		
11	PRESA DE PIEDRA A.	502833	2115619	46.8	7.0	4.3		2.0	0.9
	vertedor				3.0	0.6	0.9		
	colchón				2.0	0.3	2.6		
				60.96					
17	ZAMPEADO DE CUNETAS	503190	2115555	25	55.6	0.3	1.5		
				25					
18	OLLA DE CAPTACION	503354	2115767	1					
19	OLLA DE CAPTACION	502740	2115733	1					
				2					
20	ZANJA - BORDO	504165	2113103	271	70.5	1	2		
21	ZANJA - BORDO	503802	2114118	212	106	1	2		
22	ZANJA - BORDO	503124	2115606	180	90	1	2		
23	ZANJA - BORDO	503443	2115132	290	145	1	2		
24	ZANJA - BORDO	503997	2114850	258	129	1	2		
25	ZANJA - BORDO	503826	2115110	420	210	1	2		
26	ZANJA - BORDO	504106	2113514	330	165	1	2		
27	ZANJA - BORDO	504108	2113514	290	145	1	2		
28	ZANJA - BORDO	504152	2113560	240	120	1	2		
29	ZANJA - BORDO	503845	2113455	315	157.5	1	2		
30	ZANJA - BORDO	503845	2113455	327	163.5	1	2		
31	ZANJA - BORDO	504333	2113098	269	134.5	1	2		
32	ZANJA - BORDO	503111	2114308	210	105	1	2		
33	ZANJA - BORDO	503689	2114593	292	146	1	2		
34	ZANJA - BORDO	503902	2114102	160	80	1	2		
35	ZANJA - BORDO	503524	2114646	322	161	1	2		
36	ZANJA - BORDO	503084	2115782	330	165	1	2		
37	ZANJA - BORDO	503096	2114678	300	150	1	2		
38	ZANJA - BORDO	503299	2114790	300	150	1	2		
39	ZANJA - BORDO	503166	2114872	290	145	1	2		
40	ZANJA - BORDO	503321	2114902	285	142.5	1	2		
41	ZANJA - BORDO	503238	2114936	350	175	1	2		
42	ZANJA - BORDO	503781	2114542	220	110	1	2		
43	ZANJA - BORDO	502751	2115312	314.78	157.39	1	2		
44	ZANJA - BORDO	502842	2115619	320	160	1	2		
45	ZANJA - BORDO	503190	2115555	360	180	1	2		
46	ZANJA - BORDO	503053	2116272	272	136	1	2		
				7727.78					

## **VI. ANÁLISIS**

Con toda la información recabada podemos inferir que:

- El D. F. es una zona de gran importancia para la viabilidad de la Ciudad de México, por lo que debemos sumar esfuerzos en el cuidado del suelo de conservación, ya que la pérdida de suelo produce un impacto negativo al reducirse el potencial de las actividades productivas.
  
- Las acciones que se implementaron para proteger, conservar y restaurar los recursos naturales en el control de la erosión y favorecer la recarga de acuíferos, tienen un impacto positivo ya que a simple vista se observa que cada obra esta cumpliendo el objetivo con el que fue construida; pero esto no es suficiente para detener de manera total la pérdida de suelo causada en su mayor parte por erosión hídrica en conjunción con la pendiente.
  
- Hace falta sensibilizar a los dueños de terrenos para concientizarlos de la importancia que tiene el manejo integral de los recursos en la Microcuenca Cilcuayo (y en la demás), por que de ésta se derivan servicios ambientales que benefician a todos de manera directa o indirecta.
  
- Algunos productores se rehusaron a llevar a cabo las obras de conservación, argumentando que éstas le perjudicarían a su terreno, por lo que tuve que reubicar a otros terrenos con ayuda de la mesa directiva del grupo Metenco-Guarda el volumen que rechazaron, los segundos estaban de acuerdo en que se construyeran las obras que de acuerdo al criterio técnico debían realizarse.
  
- Una de las ollas de captación de agua pluvial se construyó de manera triangular para no afectar de manera sustancial el arbolado cercano; algunos árboles fueron removidos y trasplantados para la construcción de la olla, que de inicio era

cuadrada pero por lo ya mencionado se modifico en su forma pero no en su volumen que es de  $1,220 \text{ m}^3$ , para esto realice diferentes cálculos hasta obtener las nuevas medidas y el volumen indicado.

- En el caso del muro filtrante de piedra acomodada la meta era de  $92.32 \text{ m}^3$ , pero debido a las necesidades de los integrantes del grupo (dueños de los terrenos donde se trabajó) se incremento a  $113.74 \text{ m}^3$ .

- En las presas de piedra acomodada la meta fue de  $59.92 \text{ m}^3$  y el volumen realizado es de  $60.96 \text{ m}^3$ , las razones son las mismas que para muro filtrante.

- Con el zampeado de cuneta la meta fue de  $25 \text{ m}^3$  y se cumplió en su totalidad, los cuales se dividieron en dos partes para conformar los canales de llamada en las dos ollas.

- Para la zanja-bordo la meta fue de  $8131 \text{ m}^3$  y sólo se realizaron  $7,727.78 \text{ m}^3$ , debido a que el volumen inicialmente considerado para cada coordenada no pudo realizarse, porque los dueños sólo aceptaron la construcción de zanja-bordo en las áreas donde se observaron canalillos (los cuales posteriormente se transforman en cárcavas) y no a todo lo ancho del terreno con  $20 \text{ m}$  de separación entre cada bordo, además de que otros no aceptaron nada, argumentando que éstas obras dividen los terrenos y no puede trabajarse con tractor.

- Del volumen que no se realizó, se transfirió el dinero para el excedente en muros y presas de piedra acomodada.

- Para el trazo de las zanja-bordo capacite a los integrantes de la mesa directiva, ya que éstas deben realizarse a curva de nivel, por que de no hacerse de ésta

manera se corre el riesgo de que al llenarse la zanja se desborde abriendo el bordo y causando mayores problemas de los que se tenían al inicio, imposibilitando el trazo de surcos para la siembra.

- En cuanto al objetivo de incentivar la organización de productores, éste se cumplió satisfactoriamente, ya que para acceder a los recursos del PEC 2007, debían estar constituidos en un grupo con mesa directiva: Presidente, Secretario, Tesorero y en éste grupo con un Vocal. Así como tener una cuenta en el banco para que les depositaran el dinero. Esta mesa directiva se organizaba con los demás productores para subir a las parcelas en donde se trabajaría, suministrar los materiales y mano de obra temporal que se contrató para realizar las diferentes actividades. Cabe mencionar que con ésta organización y la honestidad de las personas que participaron pudo llevarse a cabo el finiquito de la obra. Situación que no sucedió en otros grupos.

## V. CONCLUSIONES

Puedo decir que la correcta aplicación de las técnicas de conservación ambiental y producción en una microcuenca, permite frenar procesos de deterioro y agotamiento de recursos en la zona o su rehabilitación integral; posibilitando un aumento en los niveles de producción de las tierras y alargando la vida útil de las parcelas.

La vegetación natural del Distrito Federal constituye el principal elemento de estabilización de suelos y conservación de ciclos hidrológicos y biogeoquímicos, así como un medio importante para la captura de carbono y retención de partículas suspendidas. Por lo que con las obras y prácticas que se realizaron en el presente proyecto, la tasa de erosión actual se estima en **200 ton/ha/año**, lo que significa reducir la pérdida de suelo a la mitad de lo que anteriormente ocurría.

De esta manera se pone de manifiesto la importancia del suelo de conservación para los habitantes del Distrito Federal. Sin duda el futuro de la zona urbana depende de la preservación del **Suelo de Conservación**.

En suma, en virtud de que las necesidades de restauración ecológica son tan diversas y complejas, se requiere ante todo la participación decidida de los diferentes actores sociales. Nuestra visión es que para detonar acciones de restauración ecológica es premisa fundamental la información. Un público informado es más proclive a participar si se le demuestra que su inclusión hace una gran diferencia y que los beneficios tanto ambientales como económicos, repercutirán favorablemente tanto en su persona como en su familia.

Cabe mencionar que la educación ambiental no es una moda, es una necesidad con la que debe iniciarse un proceso de alfabetización ecológica a todos los niveles de la sociedad.

Resumiendo lo expuesto en este trabajo, puedo decir que las obras realizadas son importantes y necesarias, puesto que cumplen al 100 % con sus objetivos. Aunque no solucionan el problema de la erosión en su totalidad y la recarga de acuíferos, pero si contribuyen a disminuir la pérdida de recursos y sus catastróficas consecuencias. Estas obras se realizan supuestamente cada año, pero en la realidad pueden pasar 2 años en que se vuelva a trabajar en la conservación de recursos, al no haber constancia en estos programas se descuida el área trabajada y si no se le da mantenimiento las obras pueden perderse por derrumbes, daños ocasionados por personas o animales entre otros, con lo cual se retrocede en la recuperación de suelo y recarga del manto acuífero.

Otro problema observado es el manejo inadecuado que algunos grupos pueden hacer de los recursos recibidos, en el caso de Metenco-Guarda no observé esa situación ya que se cumplió satisfactoriamente con la entrega de facturas que avalaban la compra de materiales, pago de servicios como el caso de la renta de una retroexcavadora neumática que apoyó en la apertura de zanjas-bordo y dos retroexcavadoras de oruga para la construcción de la ollas, así como la compra de geomembrana, finiquitando el proyecto.

El trabajo del técnico es de vital importancia para la realización de estos trabajos, pero nuestra participación se ve limitada cuando los grupos de esta zona no nos conocen ya que la mayoría de la gente es extremadamente desconfiada, viven en constantes pugnas políticas, por lo que debemos ser muy cautelosos y honestos.

Es importante mencionar que la formación académica recibida en la FES-Cuautitlán ha sido de gran importancia ya que me ha proporcionado las herramientas necesarias para desempeñar las actividades que corresponden a un Ingeniero Agrícola, como participar en la elaboración de proyectos, concertación con los comuneros y/o productores, supervisar la ejecución de las obras, realizar cálculos de volumetría, capacitar a hombres y mujeres como es el caso de éste proyecto en el trazo de curvas de nivel para la excavación de zanjas-bordo, así como asesorar en la parte económica- financiera.

## VIII. BIBLIOGRAFIA.

- CONAFOR. (2004). "Protección, restauración y conservación de suelos forestales" Manual de obras y prácticas.
  
- SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE, GOBIERNO DEL D. F. - PLAN VERDE -. (2008). "Suelo de conservación"
  
- G.D.F. – S.M.A., ONU – FAO (2003). "Experiencias hacia el manejo sustentable de los recursos naturales en el Suelo de Conservación del Distrito Federal, Ejido Santa Ana Tlacotenco" Delegación Milpa Alta, México D.F
  
- SAGARPA, FIRCO, CONAFOR, SEMARNAT, FAO (2004). "Plan Rector de Producción y Conservación "(**PRPC**). Microcuenca Cilcuayo, Delegación Milpa Alta D.F.
  
- G.D.F., INEGI, S.M.A. (2002). "Estadísticas del Medio Ambiente del D.F. y Zona Metropolitana 2002".
  
- UNIDAD DEL SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL, (2008). Observatorio Central Tacubaya Distrito Federal.
  
- Cáceres C. (1990) "Evaluación Técnica y Económica de Presas de Control de Azolves en la Subcuenca Viborillas, D.F." Tesis UAEM, Ciencias Agrícolas.
  
- Flores M. (2007) "Experiencia de trabajo en la Coordinación de los Recursos Naturales de la Dirección Regional No. 3 "Tesis UNAM. Ingeniería Agrícola.
  
- PROMEXA (1994). "El Mundo de las Matemáticas". Enciclopedia Temática Color.
  
- SEMARNAT (2003). "LA Cuenca Hidrográfica: Unidad Básica de Planeación y Manejo de Recursos Naturales". Alejandro S. Sánchez Vélez, Rosa María García Núñez, Adolfo Palma Trujano.

- Sánchez V; García N; Palma T. y Becerra L. (2003) “Restauración ecológica y conservación de la biodiversidad; retos y oportunidades” Ponencia presentada en la 2ª feria ambiental. Consejo Estatal de Ecología. Gobierno del Estado de Hidalgo.
- [www.unex.es/](http://www.unex.es/) edafo / FAO/ Fluvisol.