



**COORDINACIÓN GENERAL DE PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD  
GERENCIA DE SILVICULTURA COMUNITARIA**

**Programa de Desarrollo Sustentable para las Comunidades  
Rurales e Indígenas del Noroeste Semiárido  
PRODESNOS**

**TÉRMINOS DE REFERENCIA  
Recuperación de áreas degradadas por  
disturbios y/o perturbaciones  
antropogénicas**

## I. ANTECEDENTES

La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), es un Organismo Público Descentralizado del Gobierno de México que tiene la responsabilidad de fomentar el desarrollo del sector forestal del país. Es ejecutor del *Proyecto de Desarrollo Sustentable para las Comunidades Rurales e Indígenas del Noroeste Semiárido* en lo sucesivo PRODESNOs que se instrumenta en los estados de Baja California, Coahuila, Chihuahua y Sonora, financiado parcialmente mediante un crédito externo por \$17,250,000 (diez y siete millones doscientos cincuenta mil) de Derechos Especiales de Giro (DEG<sup>1</sup>), equivalentes a aproximadamente \$ 26,000,000 (veintiséis millones) de dólares de los Estados Unidos de América, otorgado a México por el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA) para su instrumentación durante un período de seis años (2006 -2011).

El *Proyecto* conjunta las diferentes actividades que realiza la CONAFOR para lograr su responsabilidad señalada. Busca consolidar los procesos de promoción forestal y del manejo de recursos naturales en las microcuencas seleccionadas en la región semiárida de los estados mencionados, generando alternativas de desarrollo social y promoviendo la participación de los habitantes en las microcuencas, fomentando una estrecha coordinación con los programas de apoyo a la producción, sociales, agrícolas, comercialización, ambientales, indígenas, entre otros que operan en el área de influencia. Por ello considera una muy estrecha coordinación entre la CONAFOR y otras instancias federales, estatales, así como una mayor participación de las asociaciones civiles.

El objetivo de desarrollo del proyecto es elevar la calidad de vida de los pobres rurales y apoyarlos en la generación de oportunidades de desarrollo por medio de la aplicación de los criterios de organización, inclusión, competitividad y equidad de género; propiciando el aprovechamiento y manejo sustentable de los recursos naturales como un instrumento para el desarrollo económico y social de las comunidades rurales e indígenas, localizados en microcuencas semiáridas del noroeste del país. Estos enfoques coinciden con las políticas y estrategias del Gobierno Mexicano, en cuanto al manejo de los recursos sociales y naturales, como vienen señalados en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS). De lo anterior se desprende el objetivo general del proyecto,

*“Contribuir a reducir los niveles de pobreza y marginación que afectan a las comunidades rurales indígenas y no indígenas de los municipios más pobres de los estados de Sonora, Baja California, Chihuahua y Coahuila. Consecuentemente, las familias beneficiarias y las organizaciones de base mejorarán sus capacidades productivas y de manejo social desarrollando vinculaciones eficaces con instituciones sociales, económicas, de manejo de recursos naturales y programas a nivel nacional, estatal y municipal”.*

---

<sup>1</sup> El DEG es un activo de reserva internacional creado en 1969 por el Fondo Monetario Internacional (FMI) para complementar los activos de reserva existentes de los países miembros. Los DEG son asignados a los países miembros en proporción a sus cuotas en el FMI. El DEG también sirve como unidad de cuenta del FMI y otros organismos internacionales. Su valor está basado en una cesta de las principales monedas del mundo. actualmente integrada por el dólar de Estados Unidos, el euro, la libra esterlina y el yen japonés. Su valor en dólares de Estados Unidos se publica diariamente y se calcula sumando determinados montos de las cuatro monedas valorados en dólares de estados Unidos, sobre la base de los tipos de cambio cotizados a mediodía en el mercado de Londres <http://www.imf.org/external/np/exr/facts/spa/sdrs.htm>.

En referencia a lo anterior, los objetivos específicos del Proyecto son:

- Lograr que la población rural beneficiaria de las microcuencas se apropie de los procesos y tecnologías, ejecutando sistemas de manejo adecuados de rehabilitación y conservación de recursos naturales.
- Fortalecer las capacidades de gestión y participación para la toma de decisiones de la población rural pobre, indígena y los agentes locales, municipales y estatales, detonando un proceso autogestionado de desarrollo integral con perspectiva de género.
- Desarrollar y fortalecer las capacidades microempresariales de los/as beneficiarios/as organizados/as para que logren formular y operar proyectos de negocios rurales (agropecuarios y no agropecuarios) rentables y sostenibles con activa participación de género.
- Organizar a las comunidades con potencial turístico para que aprovechen sustentablemente sus recursos naturales, culturales e históricos, desarrollando microempresas de turismo de naturaleza.
- Fortalecer los recursos humanos mejorando sus capacidades técnicas, operativas e instrumentales para actuar de forma coordinada en el ámbito del desarrollo rural de la CONAFOR y otras entidades colaboradoras (públicas y privadas).

El Proyecto se desarrolla en cuatro estados: Baja California, Chihuahua, Coahuila y Sonora, los cuales fueron seleccionados por la CONAFOR por contar con municipios en situación de pobreza (que se ubiquen en o por debajo de la línea de pobreza) y marginación.

Los criterios para la selección de municipios fueron: i) alta concentración de población rural pobre y en condición de pobreza extrema; ii) presencia importante de poblaciones indígenas; iii) microcuencas en las que ya se haya formulado, o se está en proceso de formulación, un Plan Rector de Producción y Conservación (PRPC) dentro del marco de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS); iv) que se encuentren en las regiones priorizadas por los y las participantes en los talleres de planeación con informantes calificados durante la gira de reconocimiento en los estados por la Misión de Formulación; y v) que haya buena disposición de las autoridades estatales y municipales de participar activamente en el Proyecto.

Por todo lo anterior el PRODESNOS ofrece apoyos para que pobladores rurales e indígenas que habitan en el Área del Proyecto contraten los servicios de asesores técnicos (Prestadores de servicios técnicos y profesionales) especializados en el tema para la elaboración de estudios técnicos especializados para la recuperación de áreas degradadas por disturbios y/o perturbaciones antropogénicas (ETAD). Los cuales tendrán el propósito de reincorporar áreas degradadas por acción del hombre, al uso forestal.

## II. OBJETIVO GENERAL

Impulsar actividades y acciones tendientes a restaurar ecosistemas que han sufrido serios impactos por actividades humanas y naturales para su reincorporación a la actividad forestal en el Área del Proyecto.

### Objetivos específicos

- a) Elaborar un estudio técnico especializado que brinde los elementos técnicos y científicos para la ejecución de acciones que permitan la recuperación de áreas degradadas.
- b) Identificar niveles de alteración ecológica para la definición y ejecución de planes y programas específicos de restauración que fortalezcan los procesos de desarrollo comunitario.

## III. LINEAMIENTOS METODOLOGICOS

Para la elaboración de estudios técnicos especializados para la recuperación de áreas degradadas por disturbios o perturbaciones antropogénicas es importante se consideren los siguientes aspectos:

- a) Podrán acceder a éste tipo de apoyos los pobladores rurales e indígenas que habitan en el Área del Proyecto que hayan identificado previamente áreas alteradas al interior de sus terrenos forestales y muestren interés en revertir dichos procesos mediante acuerdo de asamblea general;
- b) los pobladores rurales e indígenas interesados deberá elegir del listado de Asesores Técnicos ProÁrbol un consultor especializado que cumpla con el perfil y la experiencia señalada en el apartado VIII de éstos términos;
- c) El consultor seleccionado en acuerdo con los solicitantes deberá elaborar una propuesta de estudio técnico basado en las condiciones y necesidades de la superficie objeto de estudio con base en los criterios establecidos en el apartado IV de éstos términos;
- d) En asamblea general se deberá nombrar un comité interno de interesados que se integre al equipo de trabajo del consultor en donde debe existir una estrecha coordinación y cooperación entre ambos para el desarrollo del estudio sobre las áreas degradadas que se pretenden recuperar;
- e) El consultor deberá instrumentar metodologías como recorridos de campo en las áreas degradadas a recuperar a fin de contar con información que conduzca a un diagnóstico objetivo y descriptivo de los grados o índices de alteración mediante el

Método Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS; Anexo 3) de las superficies objeto del estudio;

- f) El consultor deberá considerar establecer en el estudio un plan o programa de actividades y acciones requeridas para la restauración del o los ecosistemas.
- g) El consultor deberá además llenar el Anexo 1 que comprende una propuesta técnica de las acciones de restauración y recuperación de suelos que se recomiendan establecer según el grado de degradación, así como las cantidades de obras y prácticas que recomienda con sus respectivos costos, dimensiones y distancias por hectárea.
- h) Al término del estudio el consultor deberá presentar ante el beneficiario para su revisión y aprobación un documento técnico final con base en los criterios técnicos que se establecen en el apartado V de estos términos.

#### IV. PROPUESTA TÉCNICA

La propuesta técnica es el documento que se anexará a la solicitud del poblador rural e indígena solicitante y que será evaluado por un grupo de especialistas que determinará si el proyecto presenta la calidad técnica necesaria para lograr sus objetivos. Esta propuesta debe incluir, como mínimo, los elementos siguientes:

- a) **Carátula.** Donde se mencione el título del estudio predios o parajes, fecha de elaboración, nombre del solicitante o proponente, domicilio del solicitante y nombre del consultor responsable que desarrollará el estudio.
- b) **Antecedentes.** Este apartado comprenderá una descripción de las características socioeconómicas del área de influencia del solicitante y las ventajas que obtendrá a través del estudio que se pretende que se apoye.
- c) **Objetivos.** Describirán la finalidad del estudio, así como sus efectos o impactos esperados.
- d) **Alcances del estudio.** Serán los objetivos específicos que describan lo que se pretende alcanzar y las metas que se esperan lograr con la realización del estudio.
- e) **Metodología.** El Consultor responsable del estudio técnico propondrá la metodología que considere adecuada para alcanzar los objetivos de dicho estudio.
- f) **Resultados esperados o productos.** Se describirá en forma concreta como los resultados esperados del estudio responderán a la problemática ambiental específica de las áreas degradadas en cuestión.

- g) **Duración.** El estudio técnico se realizará en un plazo no mayor a seis meses.
- h) **Cronograma de actividades.** Se debe incluir un calendario detallado de actividades programadas para el desarrollo del estudio.
- i) **Desglose de los conceptos de gasto** para su financiamiento (Anexo 2)
- j) **Currículum del consultor.** Anexar currículum vitae breve del la persona moral y/o física, responsable del trabajo así como del personal técnico especializado que integra su equipo de trabajo.

## V. RESULTADOS ESPERADOS (PRODUCTOS)

### Informe único

Una vez concluido el estudio y de acuerdo con estos términos, el consultor deberá entregar a la Gerencia Estatal correspondiente de la CONAFOR o a través del personal de campo del PRODESNO adscrito a la CONAFOR (quien deberá firmar de acuse de recibido) un documento técnico final impreso por duplicado. El informe deberá estar respaldado en formato electrónico usando el procesador de textos Microsoft Word o cualquier otro compatible. Dicho informe considerará el siguiente formato:

- a) Resumen Ejecutivo;
- b) Introducción;
- c) Metodología desarrollada y descripción del método participativo empleado;
- d) Plan o programa de recuperación ecológica que incluya:

#### PARTE I. Diagnóstico:

Caracterización de los aspectos ambientales

Caracterización de los aspectos sociales y culturales;

Caracterización de los aspectos económicos;

Descripción y clasificación de los grados/índices de alteración de las áreas sujetas a restauración con base en metodología EUPS (Anexo 3);

#### PARTE II. Actividades y acciones para la restauración:

Esquema de organización ejidal/comunal o grupo participativo de interés común;

Acciones de conservación y restauración de suelos

Reforestación

Construcción de infraestructura (presas, contornos, barreras, etc.)

Protección y fomento

Plan/calendario de monitoreo y seguimiento

### PARTE III. Anexos

- Mapa base de el ejido/la comunidad o del grupo participativo de interés común que especifique las superficies y áreas georeferenciadas que estarán sujetas a restauración con respaldo electrónico Shape File;
- Cartografía generada en mapas donde se muestren las áreas sujetas a restauración y las actividades específicas a desarrollar en cada una de ellas;
- Base de datos con información vectorial de indicadores para la generación de cartas temáticas (uso del suelo, vegetación, hidrología, geología, etc.);
- Memoria fotográfica.
- Descripción de la degradación de suelo según la ecuación general de la pérdida de suelo (EUPS)
- Mapa de modelo digital de elevación

### VI. TIEMPO PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO

El estudio deberá realizarse en un plazo no mayor a seis meses.

### VII. RESPONSABLES DE LA SUPERVISIÓN

La supervisión del desarrollo del trabajo será responsabilidad de los beneficiarios del apoyo, así como, de la Gerencia Estatal correspondiente de la CONAFOR en el estado, a través del personal adscrito al PRODESNO.

### VIII. PERFIL DEL CONSULTOR

El consultor deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Estar inscrito en el Listado de asesores Técnicos ProÁrbol;
- Ser una persona moral y/o física y contar con un equipo interdisciplinario cuyo personal deberá contar con un nivel mínimo de Licenciatura y experiencia en la realización de estudios de carácter ecológico.
- Contar con personal de las siguientes disciplinas: restauración y conservación de suelos, manejo de recursos forestales, sistemas de información geográfica, sociología y biología entre otras.

### IX. ESQUEMA DE FINANCIAMIENTO

Para el pago de los apoyos se deberá presentar copia del contrato de prestación de servicios firmado por el consultor y el beneficiario del PRODESNO, que contenga los honorarios pactados, los productos esperados y la cesión de derechos que el beneficiario otorgue a favor del asesor técnico, respecto del monto establecido para asistencia técnica.

Con la firma de dicho contrato y la cesión de derechos por parte del beneficiario, el asesor técnico se obliga de manera solidaria con el beneficiario a dar cumplimiento al concepto de apoyo y a las disposiciones del Manual Operativo del PRODESNO.

Para el caso se entregará un 50% del monto total del apoyo para el inicio de actividades. El 50% restante será liberado a la conclusión del trabajo, previa carta del beneficiario del PRODESNO en la que indica que ha recibido el producto acordado a su entera satisfacción. Esta carta estará respaldada con un acta técnica expedida por la CONAFOR a través del Agente de Desarrollo Estatal del PRODESNO en el estado correspondiente, en la que señale que el producto cumple con el contenido técnico de acuerdo a los términos de referencia.

## **X. CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y DICTAMINACIÓN TÉCNICA DE LAS PROPUESTAS**

Con base en el Manual Operativo del PRODESNO, la evaluación de las propuestas técnicas es realizada por un Consejo Técnico de Evaluación de Propuestas que se integra de la siguiente forma:

- I. Coordinador del PRODESNO.
- II. Miembros de la Unidad Coordinadora del Proyecto (UCP).
- III. Agente de Desarrollo Estatal
- IV. Agentes de Desarrollo Local
- V. Un representante por estado de la Gerencia Estatal.

Para tal efecto, dicho Consejo toma en cuenta que cada propuesta técnica es acompañada de la solicitud correspondiente y de la siguiente documentación:

- I. Para grupos participativos de interés común constituidos o no legalmente deberán presentar acta de asamblea general de ejidatarios o comuneros en donde ésta apruebe la conformación del grupo, asimismo se debe especificar el tipo de apoyo que se solicita y el representante de dicho grupo.
- II. Cuando se solicite el apoyo por medio de un representante legal, se deberán presentar además los siguientes documentos en copia simple:
  1. Para ejidos y comunidades:
    - a) Acta de asamblea de elección de representantes.
    - b) Acta de asamblea donde se acuerda solicitar el apoyo.
    - c) Identificación oficial de los representantes.
  2. Otras personas morales:
    - a) Acta constitutiva.
    - b) Poder notarial de los representantes legales actuales.
    - c) Identificación oficial de los representantes legales actuales.

Las propuestas técnicas evaluadas que hayan obtenido un puntaje igual o mayor al 80% serán publicadas en el sitio de Internet [www.conafor.gob.mx](http://www.conafor.gob.mx) y se enviará a las presidencias municipales para su difusión en lugares públicos, 5 días hábiles posteriores al dictamen.

## **XI. CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE APOYOS**

Las propuestas técnicas que cumplan con los requisitos correspondientes, se someterán a un proceso de evaluación técnica por parte de la UCP, en el que se aplicarán los siguientes Criterios:

- Que los miembros de los grupos de trabajo y organizaciones solicitantes se encuentren en o por debajo de la línea de pobreza (alta o muy alta marginación).
- Que los ejidos y comunidades solicitantes estén clasificados por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) en condiciones de alta y muy alta marginalidad.
- Que la propuesta cumpla con lo establecido en los Términos de Referencia correspondiente.
- Proyectos que se basen en producción sustentable, que apoyen y protejan al medio ambiente.
- Claridad en los propósitos, objetivos y necesidades dentro de la propuesta.
- Proyectos que fomenten el desarrollo de comunidades indígenas, jóvenes y mujeres.

## Anexo 1

### Acciones que se recomiendan:

Tipo de obra o práctica	
Distancia entre líneas o ubicación de obras	
Dimensiones de las obras	
Unidad de medida	
Cantidad	
Costo por unidad de medida (\$)	
Costo por obra o práctica (\$)	
Superficie(ha)	

Esquema de las dimensiones de la obra o práctica	Esquema de la distribución de las obras o prácticas

## Anexo 2

### DESGLOSE DE PRESUPUESTO

- Pesos -

#### I. RECURSOS HUMANOS

CONCEPTO	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO MENSUAL	COSTO TOTAL
Coordinador del estudio					
Honorarios especialistas en aspectos ecológicos.					
Honorarios especialistas en geografía					
Honorarios especialistas social					
SUBTOTAL					
IVA					
TOTAL					

#### II. RECURSOS MATERIALES

CONCEPTO	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO MENSUAL	COSTO TOTAL
Material de oficina y papelería					
Otros conceptos aplicables					
SUBTOTAL					
IVA					
TOTAL					

### III. GASTOS DE ADMINISTRACIÓN Y SERVICIOS OPERACIÓN.

CONCEPTO	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO MENSUAL	COSTO TOTAL
<b>Combustible/viajes</b>					
<b>Hospedaje</b>					
<b>Alimentación</b>					
<b>Depreciación equipo</b>					
<b>Otros gastos aplicables</b>					
SUBTOTAL					
IVA					
TOTAL					

### IV. RESUMEN DE PRESUPUESTO

CONCEPTO	MONTO TOTAL (\$)
RECURSOS HUMANOS	
RECURSOS MATERIALES	
GASTOS DE OPERACIÓN.	
SUBTOTAL	
IVA	
TOTAL	

## Anexo 3

### Estimación de la Erosión del Suelo

Para conocer en qué estado de degradación se encuentran los suelos, es necesario estimar las pérdidas de suelo que ocurren en los terrenos de uso agropecuario y forestal y así determinar si el uso que se les está dando es el correcto.

Cuando la tasa de erosión es mayor que la tasa de formación del suelo, es señal de que el manejo está originando su degradación y se hace necesario realizar prácticas y obras de conservación del suelo para de esa forma contribuir al desarrollo sostenible de los recursos naturales.

Para estimar la erosión de los suelos se ha utilizado la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), que ha mostrado ser un modelo que permite estimar en campo, la erosión actual y potencial y que se utiliza como un instrumento de planeación para establecer las prácticas y obras de conservación de suelos para que hagan que la erosión actual sea menor que la tasa máxima permisible de erosión.

La tasa máxima permisible de pérdidas de suelo es de 10 t/ha; mayores pérdidas significan degradación.

Para estimar la erosión del suelo se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$E = R K L S C P \quad (3-1)$$

Donde:

- E = Erosión del suelo t/ha año.
- R = Erosividad de la lluvia. Mj/ha mm/hr
- K = Erosionabilidad del suelo.
- LS = Longitud y Grado de pendiente.
- C = Factor de vegetación
- P = Factor de prácticas mecánicas.

Para utilizar este modelo en forma práctica se utilizarán algunos resultados que se han obtenido de la investigación en México y que ha permitido a nivel nacional hacer un uso adecuado de este modelo predictivo.

La erosión potencial se estima como:

$$E_p = R K L S \quad (3-2)$$

Los factores se consideran como inmodificables.

La erosión actual se estima utilizando la ecuación (3-1), que considera los factores inmodificables R K LS y los factores de protección como son la vegetación y las prácticas y obras de manejo del suelo y la vegetación son que se pueden modificar para reducir las pérdidas de suelo.

Para utilizar este modelo, se han propuesto diferentes metodologías para estimar cada uno de las variables; sin embargo la aplicación de algunas de ellas en el campo es difícil de realizar por no contar con la información necesaria. Para evitar estos problemas, en este apartado se presentara una metodología simplificada y adecuada para utilizarse en nuestro país.

### Erosividad R

La estimación de R se puede realizar conociendo la energía cinética de la lluvia y la velocidad de caída de las gotas de lluvia, utilizando la ecuación de la energía cinética:

$$Ec = \frac{mv^2}{2} \quad (3-3)$$

donde: m es la masa de lluvia y velocidad de caída de las gotas de lluvia. Considerando lo complejo de hacer esta estimación se propuso que un mejor estimador de la agresividad de la lluvia sería  $\sum EI_{30}$  o sea el valor de erosividad de la lluvia (R). Para estimar R se obtiene el valor de energía cinética por evento se estima por evento como  $Ec = 0.119 + 0.0873 \log_{10} I$  donde hay que conocer la intensidad de la lluvia y obtener el Valor de Ec y multiplicarlo por la intensidad máxima de la lluvia en 30 minutos. La suma de estos valores de  $EI_{30}$  en un año da el valor de R.

Este procedimiento es complicado cuando no se cuenta con datos de intensidad de la lluvia, por esta razón se busco correlacionar los datos de precipitación anual con los valores de R estimados en el país utilizando la información de intensidad de la lluvia disponible (Cortés y Figueroa 1991).

De acuerdo con este procedimiento se elaboraron modelos de regresión donde a partir de datos de precipitación anual (P) se puede estimar el valor de R de la EUPS (Cuadro 3-1). Estos modelos de regresión son aplicados para 14 diferentes regiones del país como se muestra en la Figura 3-1.

Cuadro 3-1.- Ecuaciones para estimar la Erosividad de la Lluvia<sup>®</sup> en la República Mexicana.

Región	Ecuación	R <sup>2</sup>
I	$R = 1.2078P + 0.002276P^2$	0.92
II	$R = 3.4555P + 0.006470P^2$	0.93
II	$R = 3.6752P - 0.001720P^2$	0.94
IV	$R = 2.8559P + 0.002983P^2$	0.92
V	$R = 3.4880P - 0.00088P^2$	0.94
VI	$R = 6.6847P + 0.001680P^2$	0.90
VII	$R = -0.0334P + 0.006661P^2$	0.98
VIII	$R = 1.9967P + 0.003270P^2$	0.98
IX	$R = 7.0458P - 0.002096P^2$	0.97
X	$R = 6.8938P + 0.000442P^2$	0.95
XI	$R = 3.7745P + 0.004540P^2$	0.98
XII	$R = 2.4619P + 0.006067P^2$	0.96
XIII	$R = 10.7427P - 0.00108P^2$	0.97
XIV	$R = 1.5005P + 0.002640P^2$	0.95

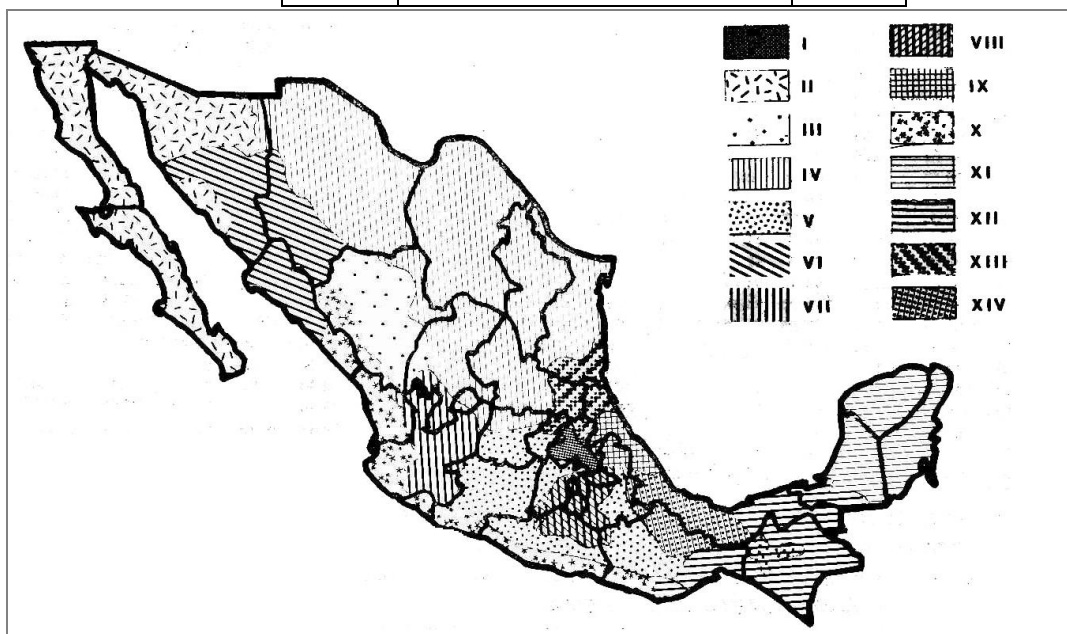


Figura 3-1. Mapa de regiones con igual Erosividad en la República Mexicana.

Para estimar R en el ámbito regional, se puede utilizar la precipitación anual y con un modelo lineal muy simple de estimarlo. Para estimar el valor de erosividad para la región de Hidalgo se puede aplicar la ecuación de la región X que se presenta a continuación:

$$R = 6.8938 p + 0.000442 p^2 \quad (3-4)$$

Donde:

R = Erosividad de la lluvia Mj/ha mm/hr  
p = Precipitación media anual de la región.

Si la precipitación media de la región es de 950 mm anuales, entonces el valor de R sería.

$$R = 6.8938 (950) + 0.000442 (950)^2$$

$$R = 6,948 \text{ Mj/ha mm/hr}$$

### Erosionabilidad (K)

La susceptibilidad de los suelos a erosionarse depende del tamaño de las partículas del suelo, del contenido de materia orgánica, de la estructura del suelo y en especial del tamaño de los agregados y de la permeabilidad.

Para su estimación se utilizan fórmulas complicadas; para condiciones de campo se recomienda el uso del Cuadro 3-2, para que con datos de la textura de los suelos y contenido de materia orgánica, se estima el valor de erosionabilidad (K).

Cuadro 3-2.- Valores de erosionabilidad de los suelos (K) estimado en función de la textura y el contenido de materia orgánica (Morgan 1985).

Textura	% de materia orgánica		
	0.0 – 0.5	0.5 - 2.0	2.0 – 4.0
Arena	0.005	0.003	0.002
Arena fina	0.016	0.014	0.010
Arena muy fina	0.042	0.036	0.028
Arena migajosa	0.012	0.010	0.008
Arena fina migajosa	0.024	0.020	0.016
Arena muy fina migajosa	0.044	0.038	0.030
Migajón arenosa	0.027	0.024	0.019
Migajón arenosa fina	0.035	0.030	0.024
Migajón arenosa muy fina	0.047	0.041	0.033
Migajón	0.038	0.034	0.029
Migajón limoso	0.048	0.042	0.033
Limo	0.060	0.052	0.042

Migajón arcillo arenosa	0.027	0.025	0.021
Migajón arcillosa	0.028	0.025	0.021
Migajón arcillo limosa	0.037	0.032	0.026
Arcillo arenosa	0.014	0.013	0.012
Arcillo limosa	0.025	0.023	0.019
Arcilla	0.013 - .029		

Para esta región de trabajo, los terrenos son de textura migajón arenoso y los contenidos de materia orgánica son menores de 0.5, por lo que el valor de K sería de 0.027.

Si las condiciones del terreno indican que el suelo ha sido recién desmontado, entonces el contenido de materia orgánica sería de mayor de 5%, y la textura arcillosa, entonces el valor de K sería de 0.013.

Si el terreno fuera arenoso y el contenido de materia fuera de 0.5 %, entonces el valor de K sería de 0.005.

Es importante destacar que a medida que el valor de K aumenta se incrementa la susceptibilidad del suelo a erosionarse.

### Longitud y Grado de pendiente (LS)

Este factor considera la longitud y el grado de pendiente por lo que para estimar este valor es necesario determinar la pendiente media del terreno, que se obtiene determinando la diferencia de elevación del punto más alto del terreno al más bajo de tal forma que:

$$S = \frac{H_f - H_i}{L} \quad (3-5)$$

Donde:

S = Pendiente media del terreno (%).

H<sub>f</sub> = Altura más alta del terreno (m).

H<sub>i</sub> = Altura más baja del terreno (m)

L = Longitud del terreno (m).

Si el nivel de la parte alta es de 1,750 msnm y la elevación en la parte baja es de 1,710 msnm, entonces la diferencia en elevaciones es de 40 m. Si la longitud del terreno es de 450 m, entonces la pendiente media del terreno sería de

$$S = 1,750 - 1,710 / 450$$

$$S = 0.088 \text{ osea que } S = 8.8 \%$$

Si conocemos la pendiente y la longitud de la pendiente, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$LS = (\lambda)^m (0.0138 + 0.00965 S + 0.00138 S^2) \quad (3-6)$$

Donde:

LS = Factor de grado y longitud de la pendiente.

$\lambda$  = Longitud de la pendiente

S = Pendiente media del terreno.

m = Parámetro cuyo valor es 0.5

Si consideramos los valores de longitud de la pendiente de 450 m, la pendiente media del terreno de 8.8 % y m de 0.5, se puede estimar el valor de LS resolviendo la Ecuación 3-6 de la siguiente forma:

$$LS = (450)^{0.5} (0.0138 + 0.00965 (8.8) + 0.00138 (8.8)^2)$$

$$LS = 4.36$$

### Estimación de la Erosión Potencial.

Considerando que R es igual a 6,948, que K es igual a 0.013 y que LS es igual a 4.36 como fueron determinados previamente, la erosión potencial se estima sustituyendo estos valores en la ecuación (2), de la siguiente manera:

$$E = (6,948) (0.013) (4.36)$$

$$E = 393 \text{ t/ha año}$$

La erosión potencial indica que si no existe cobertura del suelo (suelo desnudo) y no se tienen prácticas de conservación del suelo y del agua, se pierden 393 t/ha por año, lo que significa que anualmente se pierde una lamina de suelo de 39.3 mm, si consideramos que 1 mm de suelo es igual a 10 ton/ha de suelo.

### Estimación de la Erosión Actual

Para estimar la erosión anual es necesario determinar la protección del suelo que le ofrece la cubierta vegetal y la resistencia que oponen las prácticas mecánicas para reducir la erosión de tal forma que si a la ecuación 2 le incluimos los factores C y P entonces se puede estimar la erosión actual utilizando la ecuación (1).

### Factor de protección de la vegetación (C)

El factor de protección (C) se estima dividiendo las pérdidas de suelo de un lote con un cultivo de interés y las pérdidas de suelo de un lote desnudo. Los valores de C son menores que la unidad y en promedio indican que a medida que aumenta la cobertura del suelo el valor de C se reduce y puede alcanzar valores similares a 0 por ejemplo cuando existe una selva con alta con una cobertura vegetal alta. Los valores de (C) que se reportan para diferentes partes del mundo y para México se presentan en el Cuadro 3-3.

**Cuadro 3-3. Valores de C que se pueden utilizar para estimar pérdidas de suelo.**

Cultivo	Nivel de Productividad.		
	Alto	Moderado	Bajo
Maíz	0.54	0.62	0.80
Maíz labranza cero	0.05	0.10	0.15
Maíz rastrojo	0.10	0.15	0.20
Algodón	0.30	0.42	0.49
Pastizal	0.004	0.01	0.10
Alfalfa	0.020	0.050	0.10
Trébol	0.025	0.050	0.10
Sorgo grano	0.43	0.55	0.70
Sorgo grano rastrojo	0.11	0.18	0.25
Soya	0.48		
Soya después de maíz con rastrojo	0.18		
Trigo	0.15	0.38	0.53
Trigo rastrojo	0.10	0.18	0.25
Bosque natural	0.001	0.01	0.10
Sabana en buenas condiciones	0.01	0.54	
Sabana sobrepastoreada	0.1	0.22	
Maíz - sorgo, Mijo	0.4 a 0.9		
Arroz	0.1 a 0.2		
Algodón, tabaco	0.5 a 0.7		
Cacahuete	0.4 a 0.8		
Palma, cacao, café	0.1 a 0.3		
Piña	0.1 a 0.3		

Para estimar la erosión del suelo considerando que en el terreno exista un **bosque de buena productividad** (cobertura vegetal), entonces el valor de C sería de 0.001 que sustituyendo quedaría:

$$E = (6,948) (0.013) (4.36) (0.001)$$

$$E = 0.39 \text{ t/ha año}$$

Esto indica que la erosión es muy baja e inferior a la erosión máxima permisible que en algunas regiones de México es de 10 ton/ha año.

En contraste, si el mismo terreno fuera desmontado y sometido a una agricultura intensiva de maíz con baja productividad entonces el valor de C sería de 0.80, que al sustituirlo en la ecuación, las pérdidas de suelo serían:

$$E = (6,948) (0.013) (4.36) (0.80)$$

$$E = 314.4 \text{ t/ha año}$$

Con agricultura de maíz de baja productividad se tendría una erosión mayor que las 10 t/ha año que son las máximas permisibles e indicaría que hay degradación del suelo.

Si el productor si siguiera sembrando maíz pero con labranza de conservación dejando los residuos del maíz sobre la superficie del suelo y con una buena productividad, entonces el valor de C se reduciría a 0.05 y entonces la erosión actual sería:

$$E = (6,948) (0.013) (4.36) (0.05)$$

$$E = 19.69 \text{ t/ha /año}$$

Si se compara la erosión actual del suelo produciendo maíz con labranza de conservación las pérdidas de suelo se redujeron y son muy similares a las 10 t/ha/año que se han reportado como pérdidas de suelo máximas permisibles.

De esta forma el productor puede escoger el tipo de cultivo y el técnico tendrá la oportunidad de plantear las prácticas de manejo o el tipo de cultivo a utilizar como posibilidad de conversión productiva, si la prioridad es la conservación del suelo. Este procedimiento se le conoce como la planeación del uso y manejo de los suelos con fines de conservación. Si se buscara la agricultura sustentable se tendría que considerar la rentabilidad y la aceptación de los productores.

### **Factor (P) de prácticas mecánicas**

Como última alternativa para reducir la erosión de los suelos se tiene el uso de las prácticas de conservación de suelos para que se puedan alcanzar las pérdidas de suelo máximas permisibles.

El factor P se estima comparando las pérdidas de suelo de un lote con prácticas de conservación y un lote desnudo y el valor que se obtiene varía de 0 a 1. Si el valor de P es cercano a 0, entonces hay una gran eficiencia en la obra o práctica seleccionada y si el valor es cercano a 1, entonces la eficiencia de la obra es muy baja para reducir la erosión. Los valores de P que se utilizan para diferentes prácticas y obras como el surcado al contorno, surcos con desnivel, surcos

perpendiculares a la pendiente, fajas al contorno, terrazas de formación sucesiva construidas en terrenos de diferentes pendientes y las terrazas de banco se muestran en el Cuadro 3-4.

**Cuadro 3-4. Factor de P utilizado para diferentes prácticas y obras de conservación del suelo y agua.**

Práctica	Valor de P
<b>Surcado al contorno</b>	0.75-0.90
Surcos rectos	0.80-0.95
Franjas al contorno*	0.60-0.80
Terrazas (2-7 % de pendiente)	0.50
Terrazas (7-13 % de pendiente)	0.60
Terrazas (mayor de 13 %)	0.80
Terrazas de Banco	0.10
Terrazas de Banco en contrapendiente	0.05

Es importante notar que la eficiencia que se logra con el uso de las prácticas mecánicas es menor que la que se alcanza con el uso de la vegetación y el manejo del cultivo, sin embargo cuando se combinan el uso de la vegetación y la práctica mecánica existe un doble efecto. Para determinar el efecto de las prácticas de manejo y de las obras de conservación del suelo, es necesario seleccionar las prácticas de manejo de la vegetación y como última instancia se realizarían las obras y prácticas de conservación del suelo y agua.

Si se considera que el productor desea sembrar maíz con alta productividad entonces el valor de C sería de 0.54 y si se construye una terraza de formación sucesiva el valor de P sería de 0.60 que al sustituirlo en la ecuación quedaría:

$$E = (6,948) (0.013) (4.36) (0.54) (0.60)$$

$$E = 127.59 \text{ t/ha año.}$$

Si se decide utilizar las terrazas de banco en lugar de las terrazas de formación sucesiva, entonces el valor de P sería de 0.10 y sustituyéndolo en la ecuación anterior se tendría:

$$E = (6,948) (0.013) (4.36) (0.54) (0.10)$$

$$E = 21.37 \text{ t/ha/año.}$$

Estos resultados indican que el técnico tiene los instrumentos para seleccionar aquellas prácticas que reduzcan la erosión, hasta llegar a la solución que sea satisfactoria de los productores y de los técnicos para la conservación de los suelos.