

16
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

"LA EROSION EN SUELOS
AGRICOLAS"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A :
JOSE MARTIN HERNANDEZ DE LEON

ASESOR(A): O. LAURA BERTHA REYES SANCHEZ.

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1998.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

266389.



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.



INSTITUTO NACIONAL
DE ESTUDIOS SUPERIORES
DE CUAUTITLÁN
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"La Erosión en Suelos Agrícolas"

que presenta el pasante: José Martín Hernández de León
con número de cuenta: 7942915-1 para obtener el TÍTULO de:
Ingeniero Agrícola

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 27 de Noviembre de 1997

PRESIDENTE	<u>Q. Laura Bertha Reyes Sánchez</u>
VOCAL	<u>M.C. Edvino Josafat Vega Rojas</u>
SECRETARIO	<u>M.C. María del Yazmín Cuervo Usan</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Raúl Esinoza Sánchez</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Miguel A. Batardo Parra</u>

Laura Bertha Reyes Sánchez
E. Josafat Vega
M. del Yazmín Cuervo Usan
R. Esinoza Sánchez
M. A. Batardo Parra

DEDICATORIA

A mi Padre ... Francisco

Como un homenaje póstumo a quién imaginó y actuó.

*A mis Madres...Guadalupe
Ma. del Refugio*

Como reconocimiento a su labor invaluable...
formadoras de vidas.

A mi Hermana ... Beatriz

Por el apoyo y ejemplo en la consecución de objetivos.

*A mis Hermanos...Luis Miguel
Maria Fé*

Por hacer de la amistad esencia de vida

A mis sobrinos...

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Por su formación humanista, que me permitió tener conciencia social como parte del Pueblo Mexicano.

A aquellos Maestros...

Como muestra de agradecimiento a su labor creadora que germina en cada alumno.

A mis compañeros...

Esperando que los conocimientos recibidos nos unan, por siempre, en beneficio de México.

Al Ing. Alfredo Luqueño y al Act. Michael Murphy

Por sus aportaciones en la elaboración del presente trabajo.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO

I. LA EROSIÓN	1
1. DEFINICIÓN DE SUELO	2
2. TIPOS DE EROSIÓN	3
2.1. Erosión Geológica o Natural	3
2.2. Erosión Inducida	5
3. FACTORES DE LA EROSIÓN	5
3.1. Erosión Hídrica	5
3.1.1. En Capas o de Salpique	6
3.1.2. Por Escurrimiento Superficial	6
3.1.3. Por Canales	7
3.1.4. Laminar	7
3.1.5. Por Riachuelos	7
3.1.6. En Orillas de Ríos	7
3.2. Erosión Química o Proceso de Empobrecimiento	8
3.3. Erosión Eólica	9
3.3.1. Saltación	9
3.3.2. Suspensión	11
3.3.3. Movimiento Superficial	11
3.4. Factores que determinan el Grado de Erosión Eólica	12

3.4.1.	Clima	12
3.4.2.	Suelo	12
3.4.3.	Vegetación	14
II.	CUANTIFICACIÓN DE LA EROSIÓN	15
1.	MÉTODOS DE RECONOCIMIENTO	16
1.1.	Transectos de Cárcavas	16
1.2.	Clavos con Rondanas	17
1.3.	Tapas o Corcholatas	17
1.4.	Lotes de Escurrimiento	17
2.	MÉTODOS NUMÉRICOS	18
3.	LÍMITES ACEPTABLES DE EROSIÓN	21
III.	MÉTODOS DE CONTROL DE LA EROSIÓN	22
1.	MÉTODOS MECÁNICOS	23
1.1.	Surcado en Contorno	23
1.2.	Terrazas	24
1.3.	Cárcavas	29
1.4.	Labranza Mínima	30
1.5.	Labranza Cero	32
2.	MÉTODOS VEGETATIVOS	33
2.1.	Capas Vegetativas	33
2.2.	Abonos Verdes	33
2.3.	Cultivo en Franjas	34

2.4.	Rotación de Cultivos	36
2.5.	Incorporación de Residuos	36
2.6.	Barreras Rompevientos	37
2.7.	Capas Protectoras y Estiércol	40
IV.	PLANEACIÓN PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN	41
1.	PLANEACIÓN	42
2.	USO ACTUAL DEL SUELO	44
3.	USO POTENCIAL DEL SUELO	45
V.	SITUACIÓN NACIONAL	48
1.	ANTECEDENTES	49
2.	ÍNDICES DE EROSIÓN EN MÉXICO	55
VI.	ANÁLISIS	57
VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como finalidad la divulgación y promoción de las causas de la "Erosión del Suelo", sus consecuencias y principalmente su control por medio de las prácticas y obras de conservación del suelo, así como una revisión de la situación que actualmente priva en nuestro país, esto de acuerdo a la escasa disposición de información, que refleja la valoración asignada a este importante problema, que está alcanzando niveles preocupantes, tanto a nivel Nacional como Mundial.

El objetivo principal de la conservación de suelos básicamente consiste en el mantenimiento del recurso natural "Suelo" en sus aspectos Cuantitativo y Cualitativo. Algunos investigadores creen que actualmente se requiere de un periodo de tiempo equivalente a 300 años para que se forme una capa superior de suelo de 25 milímetros, bajo condiciones naturales. Sin embargo, la labranza acelera el proceso y puede acortar el tiempo a 30 años para la formación de suelo.

El proceso erosivo se vé acelerado por las prácticas agropecuarias utilizadas en la producción convencional, desligadas totalmente de una orientación conservacionista. Su aplicación es efectuada por los agricultores y ganaderos, generalmente, por un desconocimiento del impacto degradativo de sus actividades sobre los suelos. Esto debido, seguramente, a que la erosión casi siempre se presenta como un proceso lento, donde sus efectos pasan desapercibidos por largos periodos y se hacen evidentes cuando su corrección demanda medidas complejas y costosas que equivalen a egresos significativos.

Debido a la dificultad para implementar programas encaminados a enfrentar el problema de la "Erosión" a Nivel Nacional, los terrenos se erosionan a tal grado que son abandonados cuando se vuelve incosteable el seguirlos cultivando o pastoreando, lo que

ocasiona una fuerte emigración a los núcleos urbanos, con su inherente multiplicidad de problemas socioeconómicos.

El conocimiento de los recursos naturales, su ubicación, características (actuales y potenciales) son requisitos indispensables para poder realizar una planificación adecuada, que como resultado persiga el desarrollo integral del país y por tanto el estudio de los recursos permitirá hacer la delimitación de las áreas productivas.

Debemos tener claro, que mucha de la topografía actual de la superficie terrestre es el resultado de la erosión natural, no controlada, ocurriendo sobre millones de años; esta erosión natural allana las montañas y forma desiertos, deltas y gargantas. Las actividades del hombre como la construcción, la minería, la recreación, la agricultura, la ganadería y la explotación forestal aceleran los procesos de erosión natural. Debido a que la agricultura es tan extensa, esta tiene la influencia más penetrante. Por consiguiente, la mayor atención y esfuerzos de control de la erosión están enfocados a los procedimientos agrícolas y los terrenos agrícolas.

Los métodos de control de la erosión, tanto preventivos como correctivos, tienen una barrera para su aplicación, que consiste en el desconocimiento de esta información por parte de los encargados de la producción agropecuaria y que origina que el problema de la erosión haya rebasado los límites manejables y tengamos una gran superficie del país afectada por la erosión, en distintos grados de deterioro.

Los suelos son el principal recurso natural del hombre, pues la mayor parte de los alimentos y fibras proviene directa o indirectamente de ellos. Su conocimiento se obtiene a través de estudios agrológicos, los cuales proporcionan suficiente información sobre las diferentes clases de suelos y cultivos, que pueden aprovecharse con una visión conservacionista.

De esta manera, todo plan de desarrollo agrícola tendrá su sustento en las limitaciones que tienen los recursos naturales y humanos para su aprovechamiento. Esto a sabiendas de que un recurso determinado en condiciones naturales tiene un límite de producción de acuerdo con sus propias características, cualidades o capacidad de uso.

Por último, y desafortunadamente, la información referente al grado de erosión, superficie erosionada, superficie boscosa y potencial agrológico del país, es variable y depende de la fuente consultada para apreciar las diferencias en los datos reportados. Además, las investigaciones que se hicieron para evaluar los conceptos anteriores fueron realizadas hace ya algunos años, por lo que contar con datos fidedignos y actualizados es complicado.

OBJETIVO :

Conocer las principales causas de la Erosión de los suelos, dedicados a la explotación agropecuaria, las técnicas y procedimientos que se han desarrollado para su control, así como el estado actual de los suelos del país y lo que se está haciendo para su control y evaluación.

I. LA EROSIÓN

1. Definición de Suelo

El suelo es un cuerpo natural con características productivas, formado por una mezcla de minerales de desecho y materia orgánica en descomposición. Este al contener cantidades adecuadas de agua y aire ofrece soporte mecánico y sustento para seres vivientes.

El suelo es un elemento esencial en los ecosistemas por la interrelación directa que tiene con otros elementos como el agua y la vegetación, e indirecta con la fauna.

La formación del suelo es resultado de la permanente evolución geológica de la tierra. Es producto de la degradación del material rocoso; de los procesos químicos y biológicos de los elementos que lo constituyen, así como de la deposición de materiales desprendidos de áreas de mayor elevación y arrastrados a las superficies bajas.

El proceso de formación del suelo se efectúa en un periodo de tiempo largo, estableciéndose que para la formación de 1 cm. de suelo se requieren de 100 a 400 años. Con base en esto, se tendría que esperar de 3 000 a 12 000 años para contar con un suelo cuya profundidad sea óptima para ser tierras productivas (FAO, 1990).

Algunos investigadores creen que actualmente se requiere de un periodo de tiempo equivalente a 300 años para que se formen 25 mm. de capa superior de suelo bajo condiciones naturales. Sin embargo, la labranza acelera el proceso y puede acortar el tiempo

a 30 años para la formación de la misma capa de suelo (Departamento de Agricultura, EUA, 1989).

La Erosión del suelo es un proceso físico en el cual se da un acarreo de materiales del suelo. Las partículas del suelo se llevan, ruedan ó lavan de un sitio a otro.

La Erosión es el proceso de desprendimiento y arrastre de los materiales del suelo por los agentes del intemperismo.

2. Tipos de Erosión.

De acuerdo a los agentes erosivos que actúan sobre el suelo se tienen dos tipos de erosión:

2.1. Erosión Geológica o Natural.

Es aquella provocada por agentes naturales. Este tipo de erosión actúa sin la intervención del hombre y participa en la formación de los suelos.

Su acción ha desgastado y modelado desde siempre la superficie terrestre y es un proceso esencial de la naturaleza que ha dado como resultado los panoramas que se tienen en la actualidad. Este proceso es permanente, pero tan lento, que necesita eras para producir alteraciones significativas en las características principales de la superficie de la tierra.

Cuadro No. 1

	Horizonte u Hojarasca	O 1	Materia orgánica en su mayoría sin descomposición	
		O 2	Materia orgánica parcialmente descompuesta	
Regolith Material Suelto	Horizonte A (zona de Eluvación)	A 1	Zona de acumulación máxima de humus (Generalmente de color oscuro)	
		A 2	Zona de Eluvación máxima (Generalmente de color claro)	
		A 3	Porción del horizonte A transicional a B	
	Horizonte B (Zona de Iluviación)		B 1	Porción del horizonte B transicional a A
			B 2	Zona de máxima Iluviación (arcilla de hierro, aluminio y/o humus)
			B 3	Porción del horizonte B transicional a C
	Capa Horizonte C	C	Horizonte mineral generalmente sin consolidar pero en veces reconsolidado, que esta bajo la zona principal de raíces	
	Capa R	R	Capa de roca consolidada	

Nomenclatura de los horizontes del suelo. (8)

2.2. Erosión Inducida.

Es aquella que se origina por las actividades del hombre. Es la que se presenta cuando el proceso de la pérdida de suelo es debida al mal manejo del suelo. Actividades como la minería, la deforestación. La recreación y las actividades agropecuarias aceleran los procesos de erosión natural. Debido a que la agricultura es tan extensa, ésta tiene la influencia más penetrante. De esta manera, tenemos, que es un proceso indeseable que actúa destruyendo o degradando los suelos y es propiciada por el mal manejo de los mismos.

3. Factores de Erosión.

En lo que respecta a la actuación de la Erosión del Suelo, Natural e Inducida interactuando, está dada por dos causas o factores principales, que son el agua y el aire presentándose por lo tanto erosiones hídricas, químicas y eólicas.

3.1. Erosión Hídrica.

Es provocada por la acción del agua sobre el suelo. La erosión se da mediante el acarreamiento del suelo por el movimiento horizontal y lluvia directa. Es el agente erosivo más importante, ya que la acción de las gotas de lluvia al hacer impacto sobre la superficie del suelo y al sobrevenir el escurrimiento superficial, producen grandes pérdidas del mismo. Se presenta en suelos descubiertos o mal protegidos, puede ocasionar erosión laminar, en canales o por cárcavas. Los primeros dos tipos pasan desapercibidos para los agricultores, y el tercero cuando se presenta, casi siempre lo toman como parte del orden natural de las cosas, no tomando medidas para protegerlo.

3.1.1. En Capas o de Salpique.

Este tipo de erosión es la remoción del suelo en cantidades pequeñas y relativamente uniformes de un área extensa y es una forma dominante de erosión en los campos con pendientes medias o ligeramente altas. Ocurre cuando la cantidad de lluvia excede la capacidad del suelo para absorber el agua, entonces el exceso se escurre, acarreado las partículas separadas y arrastradas por el agua de escurrimiento.

Cerca del 90% de la erosión es debida al salpique, actuando conjuntamente con el salpicado de la masa pastosa que sigue a la destrucción del agregado de suelo.

El potencial erosivo de una lluvia está en función de la cantidad de lluvia, intensidad, velocidad final de las gotas, tamaño de las gotas y distribución del tamaño de las gotas, su cuantificación se hace mediante el índice de erosividad.

3.1.2. Por Escurrimiento Superficial.

El escurrimiento superficial o porción de la precipitación que fluye hacia los arroyos, canales, lagos u océanos está en función de factores asociados con la precipitación y con la cuenca.

Sólo una parte de la precipitación llega a formar el escurrimiento superficial; otra parte, es interceptada por la vegetación, se almacena en pequeñas depresiones, se infiltra y es retenida en el suelo, o bien se evapora. Por consiguiente, se requiere tomar en cuenta la porción de precipitación que es interceptada en diferentes formas y posteriormente estimar la cantidad de lluvia que forma parte del escurrimiento.

3.1.3. Por Canales

Es aquella erosión del suelo provocada por el escurrimiento del agua y se presenta en la mayoría de los suelos. La erosión por canales puede distinguirse porque las grietas o canales son más profundas y anchas, y por lo general no se pueden atravesar con equipo agrícola. Aquí se requieren técnicas especializadas que pueden involucrar el uso de estructuras (diques, terraplenes, etc.).

3.1.4. Laminar.

Ocurre por el salpicamiento que produce la lluvia al caer sobre un suelo descubierto con declive, es el tipo menos aparente de erosión, los agricultores generalmente no se dan cuenta de sus efectos, hasta cuando aparecen manchas improductivas del subsuelo o surge roca. Se calcula que una lluvia fuerte puede salpicar alrededor de 25 toneladas por hectárea de suelo.

3.1.5. Por Riachuelos.

Los riachuelos son escalones o canales localizados que se forman cuando el agua se almacena (pequeños charcos en el campo) y ocurren cuando se desplazan conforme a la pendiente. Estos riachuelos pueden controlarse con equipo de labranza convencional, este tipo de erosión hídrica puede ser grande, pues ocurre simultáneamente con la de capas o salpique.

3.1.6. En Orillas de Ríos.

Ocurre cuando las orillas de un río se hundieren después de recortarse por el flujo del agua y puede ocasionar daños cuando los cultivos se localizan a orillas de ríos con cauces constantes o escurrimientos fuertes de lluvia, puede causar pérdida pequeña de terrenos

agrícolas. Además, el suelo que se erosiona de las orillas aumenta la carga de sedimentos en los ríos, lagos y presas de almacenamiento.

3.2. Erosión Química o Proceso de Empobrecimiento.

Se puede establecer que la erosión, propiamente dicha, representa una degradación del suelo, que se refleja en una disminución en sus propiedades para producir cosechas. Un deterioro así, puede ocurrir de diferentes maneras, sin que esto implique una remoción física de las partículas minerales del suelo.

La química, también conocida como erosión vertical, consiste en el movimiento vertical del material coloidal y elementos nutritivos hacia las partes bajas del perfil, por medio del agua de infiltración (agua de gravedad), produciéndose dos efectos principales:

- a) Disminución de la fertilidad de la capa del suelo por pérdidas de nutrimentos.
- b) Lixiviación del material coloidal, que origina menor fertilidad donde se pierde y una capa dura, iluvial, menos permeable en la capa donde se acumula.

Los movimientos del material coloidal y elementos nutritivos dan origen a las migraciones, que en su mayoría son descendentes. Cuando la movilización se realiza fuera del perfil se habla de una "perdida global" y, cuando solamente son depositados en un nivel inferior del perfil del suelo se habla de una "redistribución". En este segundo caso, se diferencian dos grandes grupos de horizontes:

I El conjunto de los horizontes "A" es de empobrecimiento: horizontes eluviales.

II El conjunto de los horizontes "B" es de enriquecimiento: horizontes iluviales.

Las migraciones, en su mayoría, se presentan de manera vertical (presencia de un medio filtrante y en topografía horizontal), pero también se tienen las migraciones oblicuas o laterales que se presentan a lo largo de las pendientes, en topografía accidentada y en medio menos permeable: los perfiles de las zonas en relieve son entonces empobrecidos dentro de su conjunto en beneficio de los perfiles de las zonas en depresión. Bajo ciertos climas (tropical y mediterráneo), y dentro de ciertos medios particulares, este acarreo o arrastre lateral puede tomar la forma de una erosión selectiva portando el conjunto de partículas finas que interviene asimismo a lo largo de las pendientes muy débiles: es el "proceso de empobrecimiento". Servat 1966 y Roose 1970.

3.3. Erosión Eólica.

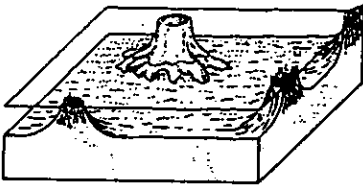
Es aquella erosión que consiste en la remoción del suelo por la acción del viento. Las partículas son arrastradas, dependiendo de su tamaño. Esta erosión se asocia con los vendavales de polvo, quizás de un tamaño suficientemente grande para cubrir grandes extensiones. Es el agente climático que según su intensidad produce la erosión y afecta la formación de los suelos a través del desprendimiento, transporte, deposición y mezclado del suelo. El viento erosiona el suelo más significativamente en áreas donde la precipitación es baja, y lo hace de las siguientes formas:

3.3.1. Saltación.

La mayor parte del suelo movido por el viento se presenta con la saltación, mediante una serie de brincos bajos sobre la superficie. Las partículas que son movidas son las de tamaño mediano (0.15 - 0.2 mm).

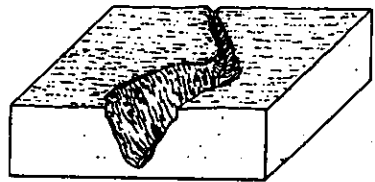
FIGURA No. 1

erosión laminar...



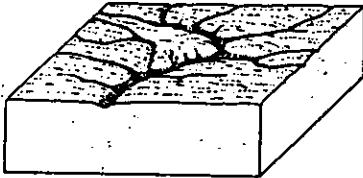
... es la erosión más o menos uniforme de la superficie de un terreno. Las raíces de plantas y árboles y los pies de postes de cercas quedan al descubierto.

erosión en cárcavas...



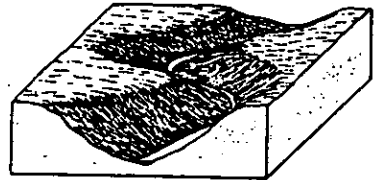
... produce profundas fisuras en tierras que serían cultivables. Si no se toman medidas adecuadas, seguirá avanzando.

erosión en surcos...



... es la acentuación de depresiones naturales ocasionada por la escorrentía superficial. Aunque las labores de cultivo oculten el daño, se pierde el suelo fértil.

erosión de riberas...



... convierte a los arroyos rápidos y profundos en cursos de agua que serpentean entre bancos de fango. Puede provocar importantes pérdidas de tierras labrantías.

Esquemmatización de los efectos de los tipos de erosión hídrica. (7)

Este proceso se inicia con el levantamiento de la partícula y su entrada a la corriente de aire. El levante es producido como resultado de la colisión de una partícula móvil con otra partícula estacionaria, y las fuerzas aerodinámicas. La altura que alcanza la partícula será de hasta 30 centímetros, antes de que la fuerza de gravedad empiece de nuevo a hacerla caer. Con el movimiento lateral del aire se origina un impacto que puede que haga que otras partículas salten al aire y luego se repita el mismo proceso.

3.3.2. Suspensión.

Ocurre cuando las partículas más pequeñas, por efecto del aire, son levantadas y transportadas a largas distancias.

Estas partículas son azotadas hacia arriba por la acción de salto de los granos en saltación. Las partículas de polvo fino llevadas en suspensión constituyen una buena proporción del total de suelo arrancado. Como son partículas pequeñas y de peso ligero, la fuerza de elevación del viento sobre ellas es mayor que la atracción de la gravedad, de modo que son elevadas muy alto y transportadas a lo lejos por el viento, representando pérdidas para el campo agrícola.

3.3.3. Movimiento Superficial.

Intervienen, en este proceso, partículas grandes y pesadas para ser levantadas, pueden separarse por el impacto del aire sobre la superficie. Al estar libres de la masa del suelo, la fuerza del viento provoca que éstas partículas rueden por él. De esta manera, son empujadas y golpeadas a lo largo de la superficie por las ráfagas de los saltos de las otras partículas.

Cabe resaltar, que el suelo movido por saltación y por movimiento superficial, permanece generalmente, dentro del área erosionada.

3.4. Factores que determinan el Grado de Erosión Eólica.

3.4.1. Clima.

Se debe tomar en cuenta la precipitación, las fuertes oscilaciones termométricas y los vientos fuertes.

Va a depender de la cantidad y distribución de la precipitación pluvial, pues afecta la humedad del suelo que está en relación directa con el grado de erosión. Se dice que en regiones donde la precipitación es menor de 304 milímetros existe mayor erosión, y también cuando se presentan largos periodos secos entre las temporadas húmedas.

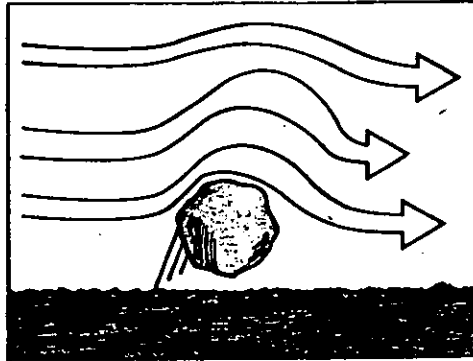
Cabe agregar, que características propias del viento, como la velocidad, la dirección, la duración y la turbulencia, determinan el grado de erosión del suelo.

3.4.2. Suelo.

El efecto de la erosión en el suelo va a estar en función de factores intrínsecamente relacionados al suelo, como: la textura, la estructura, el contenido de materia orgánica, el contenido de humedad y la aspereza superficial del suelo.

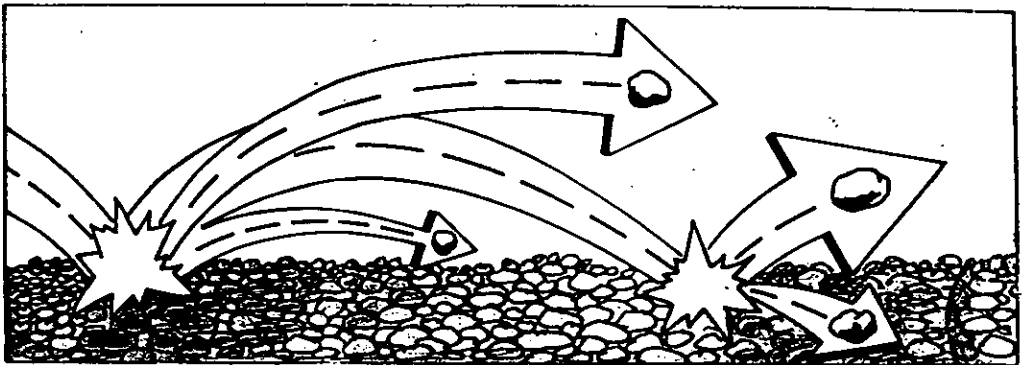
El contenido de humedad, en especial, es muy importante ya que con humedad en el suelo, este se mantiene fuertemente cohesionado. En cuanto a la aspereza superficial, está determinada por la calidad de las prácticas de labranza. Es útil, ya que aumenta el efecto friccional que reduce la velocidad del viento cerca del suelo y por ende hay una reducción en la pérdida de suelo.

FIGURA No. 2



Las fuerzas aerodinámicas puede que levanten las partículas.

FIGURA No. 3



Movimiento de partículas de suelo por Saltación. (9)

3.4.3. Vegetación.

Las áreas con escasa u ninguna cubierta vegetal son propicias para una acelerada erosión eólica. En el caso contrario, un suelo cubierto por vegetación, el efecto de la erosión se reduce al mínimo.

La cubierta vegetal reduce marcadamente la velocidad del viento en la superficie del suelo, teniendo poco efecto como factor erosionante. Las plantas vivas ofrecen mejores resultados que los residuos de la cosecha anterior.

II. CUANTIFICACIÓN DE LA EROSIÓN

1. MÉTODOS DE RECONOCIMIENTO.

Resulta difícil la cuantificación de la erosión, aún cuando se tenga en observación permanente una área determinada. Además, para detectar los puntos de observación, bajo condiciones naturales, resulta igualmente difícil ubicarlos para tener datos exactos de la pérdida del suelo. Entre los métodos con que se cuenta para cuantificar la erosión, se tienen los siguientes:

1.1. Transectos de Cárcavas.

A lo largo de un transecto se toman en cuenta los canalillos y cárcavas someras y se hace su medición. Se recomienda una disposición de transectos al contorno, estacados al contorno.

Periódicamente se hace un reconocimiento, midiendo en las estacas el espesor del suelo perdido, haciéndolo por cada transecto.

La pérdida de suelo en metros cúbicos para cada transecto resulta de multiplicar el espesor del suelo perdido por el área de la sección transversal del transecto. De esta manera, la pérdida total de una área será igual a la sumatoria de las pérdidas parciales en todos sus transectos.

1.2. Clavos con Rondanas.

Consiste en utilizar clavos de 30 centímetros de largo con rondanas holgadas, colocándolas a lo largo de un transecto a intervalos regulares, teniéndose, que la rondana queda sobre la superficie del suelo y la cabeza del clavo la toca ligeramente.

Las rondanas sirven para marcar cortes en el terreno, que se presentan por efecto de la erosión.

Debe medirse el espesor de la capa de suelo perdida a intervalos de tiempo regulares.

1.3. Tapas o Corcholatas.

Se colocan las corcholatas con la parte interna hacia el suelo, con la erosión se producen pedestales. La altura de este indica la profundidad del suelo perdido.

Para saber la pérdida de suelo en metros cúbicos por hectárea se distribuyen 4 corcholatas en una superficie cuadrada de 50 metros (también 16 corcholatas en una hectárea) dispuestas en zigzag, a una distancia de 10 metros entre ellas.

El promedio de pérdida de suelo en milímetros en todas las corcholatas se multiplica por 10, para así obtener la pérdida de suelo en metros cúbicos por hectárea.

1.4. Lotes de Escurrimiento.

Es el método más preciso en la cuantificación de la pérdida de suelo por la acción de la erosión hídrica.

Este método se practica en una pequeña superficie donde sea factible conocer la pérdida de suelo por escurrimiento, mediante muestreos se cuantifican los sedimentos que son acarreados en suspensión.

El tamaño, más común, que se utiliza en investigación, es de 2 por 10 metros. La disposición de los lotes de escurrimiento en el terreno deben quedar en el sentido de la pendiente y cercados con lámina de metal, de asbesto - cemento o de madera.

Los escurrimientos se captan en la parte baja en un tinaco o recipiente con graduación en litros. La cuantificación de pérdida de suelo se realiza de la forma siguiente:

- a) Observar cada día el total de escurrimiento en el tinaco graduado.
- b) Tomar una muestra del contenido, revolviendo previamente para que no haya sedimentos asentados.
- c) Enseguida, filtrar la muestra y determinar el peso de los sólidos contenidos. Multiplicar por el volumen total captado en el tinaco y así determinar la pérdida de suelo en el lote para la precipitación de ese día.
- d) La cuantificación de la pérdida de suelo para un periodo de tiempo, se obtendrá con la sumatoria de las pérdidas parciales. Para expresarlo en kilogramos por hectárea para un periodo de tiempo, se multiplica el total de pérdidas en el periodo por 500.

2. MÉTODOS NUMÉRICOS.

Estos métodos tratan de definir la relación causa - efecto del proceso de la erosión del suelo, su finalidad es predecir la cantidad de pérdida de suelo que puede ocasionarse en ciertas condiciones. Se cuenta con bastantes modelos matemáticos que tratan de encuadrar todos los factores, naturales o artificiales, que inciden directamente para que se presente la erosión del suelo. Dentro de las propuestas más importantes, se tiene la Ecuación Universal

de Pérdida del Suelo, que presupone para su aplicación que la evaluación se realizará en una superficie totalmente descubierta. Esto significa, que la utilidad de dichos modelos matemáticos presenta algunas licitantes. A continuación se describe la Ecuación mencionada:

2.1. Ecuación Universal de Pérdida de Suelo de Wischmeier y Smith.

$$A = R K L S C P$$

Donde:

A = Promedio anual de pérdida de suelo (Ton/Ha).

R = Factor de erosividad de la lluvia, expresado por un promedio anual de unidades de índice de erosividad.

K = Factor erodabilidad del suelo, expresado como la tasa de erosión por unidad de índice de erosividad (Ton/Ha/UIE).

L = Factor longitud de la pendiente (adimensional).

S = Factor grado de la pendiente (adimensional),

C = Factor manejo de cultivos (adimensional).

P = Factor prácticas mecánicas de control de la Erosión (adimensional).

Los factores L S C P son cocientes para condiciones diferentes a las condiciones patrón de la ecuación básica, donde:

L = 25 m

S = 10 %

C = Suelo barbechado sin cultivos.

P = Surcado en sentido de la pendiente.

Se puede decir que la ecuación básica es $A = R K$, ya que éstos factores son modificables prácticamente por el hombre:

1. Potencial erosivo de la lluvia.
2. Susceptibilidad del suelo a ser erosionado.

L y S pueden modificarse mediante prácticas mecánicas, finalmente los factores de manejo C Y P están completamente condicionados por las actividades del hombre.

Dado que el factor K es la tasa de erosión por unidad de índice de erosividad y este índice está en función de las características físicas de la lluvia, se hace necesario conocer cuales son éstas:

- a) Cantidad de lluvia.
- b) Intensidad de la lluvia.
- c) Tamaño de las gotas de lluvia.
- d) Distribución de tamaño de gotas.
- e) Velocidad final de las gotas de lluvia.

Se conocen varios índices de erosividad, tales como el $KE > 1$, el AI m, el Ram, el F y el El (subíndice 30). Debido al papel tan importante que juega la lluvia en el proceso erosivo, es conveniente caracterizarla. Esto se logra al seleccionar el índice de erosividad más adecuado.

3. LÍMITES ACEPTABLES DE EROSIÓN.

Para el establecimiento de los límites de erosión que pueden ser aceptables ante la pérdida del suelo, los investigadores no se ponen de acuerdo. Incluso existen diferencias de un país a otro, esta situación puede entenderse por el hecho de las distintas características ambientales y productivas en las que se desarrollan las actividades de la población. De esta forma, se considera como límite máximo aceptable de pérdida de suelo al que permite mantener una alta productividad permanente.

Este límite varía desde $0.4 \text{ Ton/Ha/año} = 0.28 \text{ mm/Ha/año}$ en suelos poco profundos; hasta $18 \text{ Ton/Ha/año} = 1.28 \text{ mm/Ha/año}$ en suelos profundos, bien drenados y permeables. Teniendo una densidad aparente igual a 1.4 gramos por centímetro cúbico.

El Departamento de Agricultura de los E.U.A, considera que la erosión continuará no obstante el control y prácticas de erosión adoptadas por los productores. Una práctica segura es mantener el paso de pérdida del suelo en un nivel que no exceda el ritmo de formación del suelo. Un paso de formación de suelo de 25 milímetros en 30 años es el equivalente de aproximadamente 11.1 toneladas por hectárea por año, un valor mencionado para pérdidas de suelo aceptables.

V. MÉTODOS DE CONTROL DE LA EROSIÓN

Como recomendación general, al momento de elegir las prácticas de manejo se debe pensar en aquéllas que mejoren las condiciones de los suelos, económicamente viable y aprovechar en lo posible el conocimiento empírico de la región o país.

En las tierras productivas, la prevención de la erosión debe realizarse conjuntamente con el cultivo de éstas. De esta forma, las medidas para combatir la erosión deben relacionarse estrechamente con la técnica ordinaria de la buena explotación agrícola.

1. MÉTODOS MECÁNICOS.

Estos métodos consisten en aquéllas actividades que se realizan con maquinaria y/o mano de obra, cuyo principio se basa en movimientos de tierra para disminuir los escurrimientos o su velocidad, con la finalidad de evitar la erosión en terrenos agropecuarios con pendiente. Los principales métodos que se tienen son:

1.1. Surcado en Contorno.

Consiste en el trazo de surcos en forma perpendicular a la pendiente natural del terreno, siguiendo las curvas de nivel. Esto permite la infiltración del agua de lluvia, evitando escurrimientos, excepto cuando se presentan lluvias excesivas, disminuye la erosión hídrica y evita la formación de cárcavas en terrenos con pendiente de hasta un 5 %.

No es recomendable este método en aquéllas zonas donde la precipitación es alta y los terrenos sean arcillosos, a menos que se le dé un desnivel de 0.3 a 0.8 %, para desalojar los excedentes.

Cuando se tienen varias curvas a nivel como líneas guía para el trazado de los surcos es común que no sean paralelas y las fajas sean de anchura variable, dando lugar al estrangulamiento de surcos, conocido como "cornejales", esto provoca un aumento en los costos y que se reduzca la viabilidad de su aplicación, por lo que se recomienda el suavizar las curvas a nivel para evitar los quiebres bruscos.

1.2. Terrazas.

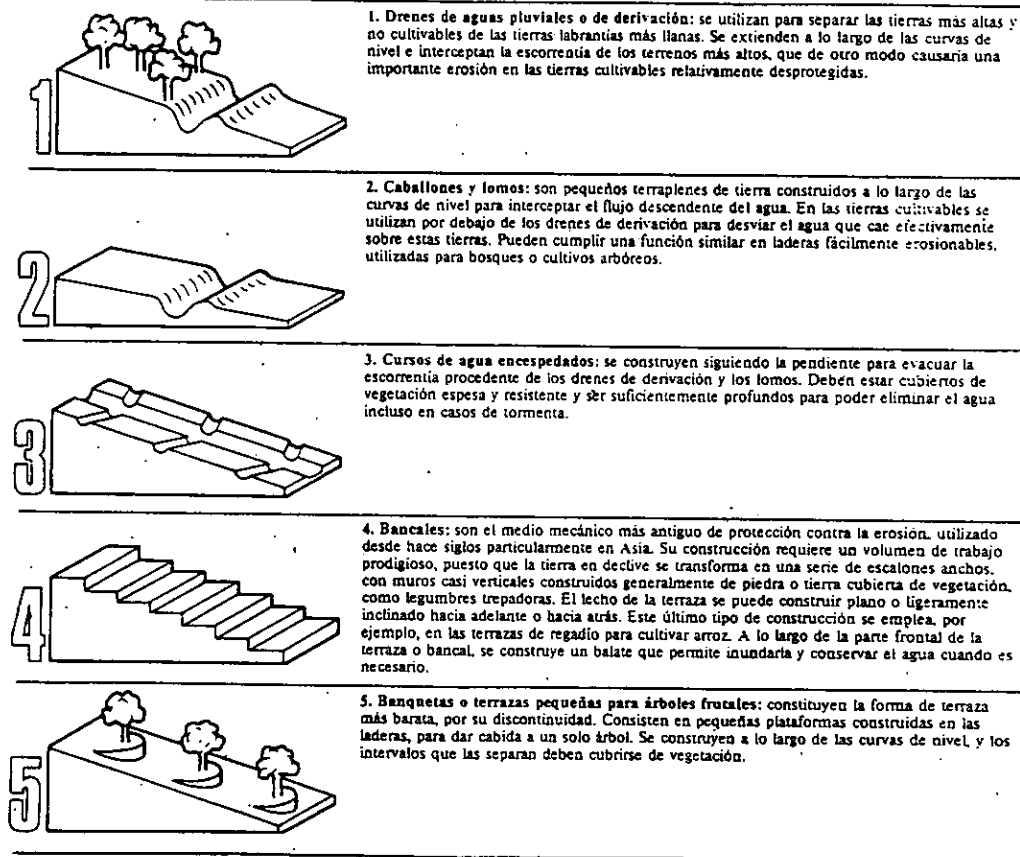
Una terraza es un dique de tierra, o una combinación de cauce y dique, que se construye transversalmente a la pendiente de una ladera a intervalos fijos. Las terrazas contrarrestan la erosión al reducir la longitud del declive y al conducir el agua de escurrimiento transversalmente a la pendiente, a una velocidad incapaz de erosionar el suelo, hasta un desagüe adecuado, además aumenta la infiltración de la precipitación pluvial. Los bancales reducen, además, la pendiente.

El cultivo en terrenos con terrazas, a diferencia del cultivo en fajas, consiente dedicar a un único cultivo grandes extensiones.

Para obtener la mayor efectividad se recomienda implementar éste con otros métodos, como el surcado en contorno, cultivos en fajas, rotación de cultivos y un manejo de suelo adecuado a su capacidad de uso. Además, se necesita el manejo eficiente del agua, incluyendo cauces empastados, desagües subterráneos, drenes y estructuras de desviación de excedentes.

El establecimiento de terrazas en un lugar depende del clima, erosión, topografía, pedregosidad, suelos, disponibilidad de maquinaria y mano de obra.

FIGURA No. 6



Propuestas para el manejo de suelos con pendiente, adaptándose a las Curvas de Nivel. (4)

Las terrazas se pueden clasificar según su condición de escurrimiento (con declive o nivel), de acuerdo a su clase de desagüe (empastado, subterráneo o absorción) y por su sección transversal (figura No. 5):

a). Sección Transversal de Base Ancha.

Se recomienda para aquéllos terrenos con una pendiente menor al 8 %, pues permite el laboreo de toda la superficie. Su desventaja consiste en el volumen alto de tierra que se necesita mover para su construcción.

b). Sección Transversal de Base Angosta.

Se utiliza en terrenos con una pendiente mayor al 6 % y a cualquier régimen pluviométrico, ya que el bordo se puede construir en declive. Solo requiere la construcción de un bordo con plantilla de 0.8 a 1.3 metros, este no debe utilizarse para sembrar cultivos agrícolas, aunque para fijarlo se pueden establecer pastos, nopal o maguey.

El bordo construido debe sobrellevarse para acelerar la formación del bancal, esto se consigue al labrar la tierra volteándola hacia abajo. El bordo constituye un área pequeña que queda marginada de la siembra y se puede hacer con maquinaria y/o mano de obra. Sus desventajas son que debe mantenerse con vegetación y sobreelevarlo.

c). Sección Transversal de Banco.

Se puede realizar con talud o con muros verticales de piedra, se ajusta a diversos grados de pendiente, hace posible el uso de terrenos muy escarpados, aprovecha la lluvia al máximo, optimiza el uso de maquinaria. Sus desventajas son el alto costo de construcción y la posibilidad de que aflore suelo no intemperizado.

d). Sección Transversal de Bancos Alternos.

Su ventaja principal es que se obtiene el material de préstamo de la parte baja, disminuyendo la pendiente promedio del área laborable entre terrazas, especialmente

cuando es muy fuerte. Sus desventajas son el mantener empastados los taludes y que su construcción es difícil en suelos delgados o arenosos.

e). Sección Transversal de Canal Amplio.

La sección es similar a los bancos alternos en lo que se refiere a la separación, pero se diferencia en que las áreas de corte y relleno se encuentran dentro de la misma sección. La función de los intervalos es captar agua de lluvia. Sus ventajas son que se adaptan a pendientes mayores de 4 % y precipitaciones menores de 500 milímetros anuales. Como desventajas se tiene, que si el suelo no es lo suficientemente permeable para absorber la lluvia máxima en 24 horas para las que están diseñadas, deben construirse extremos abiertos y desagüe hacia un cauce protegido.

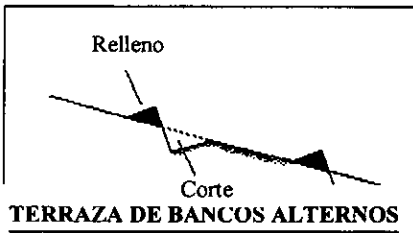
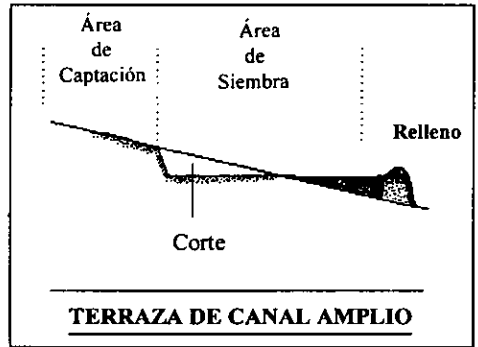
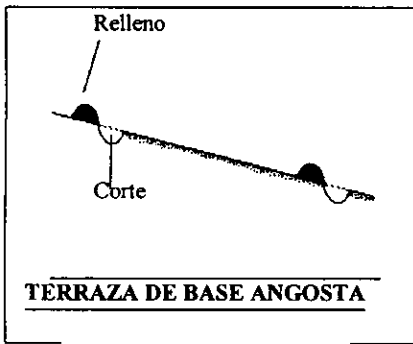
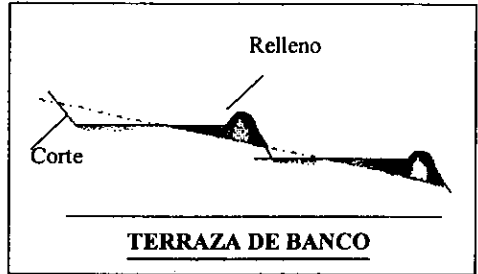
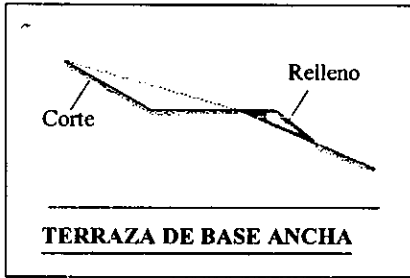
Para que las terrazas sean laborables en toda su longitud y tengan mejor aceptación entre los agricultores es conveniente que se construyan paralelas y de ser posible con curvas a nivel suavizadas.

Después de determinar el sistema de terrazas que más conviene y calculado su espaciamiento, enseguida se realiza el trazado, el cual se hace generalmente en forma directa, ubicando las mejores salidas para los excedentes. Se determina la pendiente media, se localiza el punto medio de la pendiente máxima. Así, se traza la línea guía con un nivel estacando cada 20 metros a lo largo de la curva a nivel o declive.

Después del trazado el sistema de terrazas se debe diseñar éstas, dependiendo del tipo y capacidad de almacenamiento y de las condiciones de drenaje.

Para determinar la capacidad de almacenamiento necesaria en litros por metro cuadrado, debe considerarse la pendiente, el espaciamiento entre terrazas, el coeficiente de escurrimiento y la lluvia máxima en 24 horas con periodo de retorno de 5 años.

Figura No. 5



Clasificación de Terrazas. (3)

La construcción debe de iniciarse por la parte más alta del terreno y en época de estiaje, los movimientos de tierra, en la práctica, deben calcularse tomando en cuenta el cambio de volumen que sufre el suelo, ya que el volumen excavado al ser transportado va a ser diferente.

Para la construcción de terrazas, el equipo utilizado consiste en motoescrepas, motoconformadoras, bulldozer, tractor agrícola, escrepa de tiro animal, bordeadora, rastra Martin, arado de discos o vertederas, pala y pico.

Cuando exista vegetación donde se construirá la sección transversal de la terraza debe removerse para facilitar la consolidación del material de relleno. Una vez construidas debe correrse una nivelación de comprobación, determinando si se ajustan a las dimensiones proyectadas.

1.3. Cárcavas.

El principal objetivo que se persigue con las estructuras que se establecen para el control de cárcavas consiste en disminuir la velocidad del agua de escorrentía para reducir el efecto erosivo, evitando su crecimiento en profundidad y anchura. El control empieza con el cabeceo de la cárcava, con la finalidad de prevenir y detener la erosión, enseguida se procede al afinado de los taludes y finalmente se estabiliza con estructuras y una cubierta vegetal adaptada.

La construcción de estructuras de control se recomienda se establezcan con un criterio doble de espaciamiento, pues de esta manera se reducen los costos a la mitad, pudiendo suceder que el volumen de azolve captado establezca la cárcava, que la velocidad del escurrimiento se reduzca independientemente del espaciamiento y que se desarrolle vegetación nativa (Cuadro No. 2).

En caso de no estabilizarse la cárcava y las estructuras se azolven a toda su capacidad, queda la alternativa de construir las estructuras intermedias.

Las estructuras de control se construyen con diversos materiales y reciben el nombre de presas de control de azolves, teniéndose los siguientes tipos:

- a) Presas de Ramas (< 1.5 m).
- b) Presas de Malla de Alambre.
- c) Presas de Morrillos (< 1.5 m).
- d) Presas de Piedra Acomodada (< 3 m).
- e) Presas de Gaviones.
- f) Presas de Mampostería.

1.4. Labranza Mínima.

Se refiere a la utilización de maquinaria nueva ó modificada para llevar a cabo la labranza en menos tiempo y con menos trabajo, en comparación a lo requerido en las prácticas convencionales.

La labranza mínima contrarresta la erosión, reduciendo el costo de la labranza, al disminuir labores. Además, en principio, se puede implementar con instrumentos de labranza conocidos.

Con la labranza mínima se logran dos objetivos, lo que la hace viable, al preparar el terreno para la siembra. Primeramente, se proporciona un ambiente apropiado para la semilla. Secundariamente, se acondiciona el suelo para que absorba el agua y resista la erosión, sobre todo en el espacio entre hileras.

Un asiento demasiado suelto o con más terrones de lo debido no es cosa muy común. La labranza por los métodos convencionales apelmaza adecuadamente el suelo o tiende a apelmazarlo excesivamente.

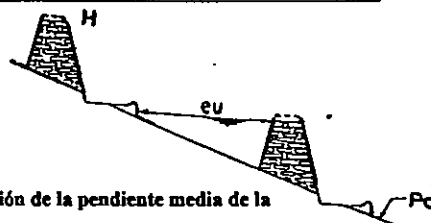
CUADRO No. 2

pendiente de la cárcava %	Espaciamiento unitario entre presas consecutivas (m)										
	Altura de la presa (m)										
	0.50	0.00	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50
3	16.7	20.0	23.3	26.7	30.0	33.3	36.7	40.0	43.3	46.7	50.0
4	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0	32.5	35.0	37.5
5	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0
6	8.3	10.0	11.7	13.3	15.0	16.7	18.3	20.0	21.7	23.3	25.0
7	7.1	8.6	10.0	11.4	12.9	14.3	15.7	17.1	18.6	20.0	21.4
8	6.2	7.5	8.8	10.0	11.2	12.5	13.8	15.0	16.2	17.5	18.8
9	5.6	6.7	7.8	8.9	10.0	11.1	12.2	13.3	14.4	15.6	16.7
10	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0
11	4.6	5.4	6.4	7.3	8.2	9.1	10.0	10.8	11.9	12.8	13.6
12	4.2	5.0	5.9	6.7	7.5	8.3	9.2	10.0	10.8	11.7	12.5
13	3.8	4.6	5.4	6.1	6.9	7.7	8.5	9.2	10.0	10.8	11.5
14	3.6	4.3	5.0	5.7	6.4	7.1	7.9	8.6	9.3	10.0	10.7
15	3.3	4.0	4.7	5.3	6.0	6.7	7.3	8.0	8.7	9.3	10.0
16	3.1	3.8	4.3	5.0	5.7	6.2	6.9	7.6	8.1	8.8	9.3
17	2.9	3.5	4.1	4.7	5.3	5.9	6.5	7.0	7.7	8.2	8.8
18	2.8	3.3	3.9	4.4	5.0	5.6	6.1	6.7	7.2	7.8	8.3
19	2.6	3.2	3.7	4.2	4.8	5.3	5.8	6.3	6.9	7.3	7.9
20	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
21	2.4	2.9	3.3	3.9	4.3	4.8	5.2	5.7	6.2	6.7	7.1
22	2.3	2.7	3.2	3.6	4.1	4.5	5.0	5.4	5.9	6.4	6.9
23	2.2	2.6	3.0	3.5	3.9	4.3	4.9	5.2	5.6	6.1	6.5
24	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.2	4.6	5.0	5.4	5.9	6.2
25	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0
26	1.9	2.3	2.7	3.1	3.5	3.9	4.2	4.6	5.0	5.4	5.8
27	1.8	2.2	2.6	3.0	3.3	3.7	4.1	4.4	4.8	5.2	5.5
28	1.8	2.1	2.5	2.8	3.2	3.6	3.9	4.3	4.6	5.0	5.3
29	1.7	2.1	2.4	2.7	3.1	3.4	3.8	4.1	4.5	4.8	5.1
30	1.7	2.0	2.3	2.7	3.0	3.3	3.7	4.0	4.3	4.7	5.0
31	1.6	1.9	2.2	2.6	2.9	3.2	3.5	3.9	4.2	4.5	4.9
32	1.6	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	4.1	4.4	4.7
33	1.5	1.8	2.0	3.3	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5
34	1.5	1.8	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1	4.4
35	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	2.8	3.1	3.4	3.7	4.0	4.2

H = Altura de la presa (m)

eu = Espaciamiento unitario (m)

Pc = Pendiente media de cárcava (%)



Espaciamiento unitario entre presas para control de azolves, en función de la pendiente media de la cárcava y la altura de la estructura. (3)

Cuando se siembra directamente en un terreno recién arado, se pueden originar condiciones de esponjosidad y abundancia de terrones, que se traducen en un mal contacto de las semillas con el suelo, lo que sugiere que la aradura se debe hacer en las mejores condiciones y en el momento más adecuado.

1.5. Labranza Cero.

También conocida como siembra sin labranza o labranza nula, es una práctica de siembra que no requiere ninguna labranza, excepto la que se hace por una reja en el área inmediata de la hilera del cultivo.

Debido a que no hay ninguna labranza preliminar, por lo regular se corta una ranura en la superficie del suelo frente del abridor de semillas de la sembradora. Una reja acanalada ó algún otro dispositivo puede ser útil para realizar una cantidad limitada de labranza que de como resultado un mejor ambiente para la semilla.

Con esta práctica es posible establecer un cultivo de soya inmediatamente después de cosechar un cultivo de grano.

Las ventajas que se obtienen con la labranza cero son:

- a). La capa del cultivo anterior sirve para proporcionar protección contra la erosión por viento y agua.
- b). Al utilizarse menos pasadas sobre el campo la capacidad de trabajo de la maquinaria se ve aumentada.
- c). El rendimiento de los cultivos se mantiene ó aumenta en algunos casos.
- d). Al existir una reducción en el uso de la maquinaria, se logra un ahorro del 75 %, aproximadamente, del combustible que se consume con la labranza convencional.

Las desventajas que se presentan con la labranza cero, son:

a). Se dificulta el control de malezas e insectos. Actualmente los herbicidas e insecticidas representan el único método práctico de control.

b). Los rendimientos en algunos casos se ven disminuidos.

2. MÉTODOS VEGETATIVOS.

Son aquéllos métodos que consisten en el desarrollo de las plantas, con la finalidad de elevar la capacidad productiva y ayudar a reducir a su mínima expresión la erosión del suelo, amortiguando la fuerza del impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo, así como evitar con sus raíces que el suelo sea arrastrado por el escurrimiento superficial ó por la acción del viento. Los métodos vegetativos que se tienen son los siguientes:

2.1. Capas Vegetativas.

También conocido como cultivos de cobertera, tiene la finalidad de formar y establecer una cubierta vegetal en el terreno para conservarlo y mejorarlo. Su efecto consiste en desintegrar las gotas de lluvia y disipar su impacto en el suelo, también reduce la velocidad del escurrimiento del agua, así como la del viento, lo que se refleja en una disminución de la pérdida de suelo.

Son características deseables, en una planta de cobertera, que se adapte a las condiciones ecológicas, que tenga hábito rastrero, que sea preferentemente una leguminosa, o bien, un pasto muy denso y los cultivos de forraje (excepto maíz).

2.2. Abonos Verdes.

Se trata de la siembra de un cultivo determinado, con la finalidad de incorporarlo al suelo, generalmente al inicio de la floración (2 a 3 meses antes de la siembra).

Con esto, se persigue agregar materia orgánica al suelo, mantener y mejorar la fertilidad del suelo, reducir la erosión, aumentar la capacidad de retención de humedad y disminuir los escurrimientos superficiales.

Una aplicación promedio de 14 toneladas por hectárea, de leguminosas, adiciona al suelo 130 kilogramos por hectárea de nitrógeno y 60 kilogramos por hectárea de pentóxido de fósforo, teniendo un efecto residual por 2 años.

2.3. Cultivo en Franjas.

Consiste en una serie de franjas alternas, de anchura variable, de un cultivo de cobertera y un cultivo en hileras, un sistema de rotación. La disposición de las franjas debe quedar de manera perpendicular a la dirección del viento.

Para determinar la anchura de las franjas hay que tomar en cuenta el tipo y gravedad de la erosión. Se utiliza esta práctica en terrenos con pendientes pronunciadas, que van de 2 a 15%.

Sus ventajas consisten en proteger contra la erosión (cultivo tupido < impacto de gotas > infiltración < escurrimiento), evita la erosión en un 60% en terrenos con pendiente y en un 90 % cuando se combina con un sistema de terrazas, permite aprovechar terrenos con pendientes hasta de 15 %.

Los principales tipos de fajas, son: fajas al contorno, de contraviento, amortiguadoras, por campos o fracciones. Se recomienda que su anchura se ajuste a un múltiplo del ancho de la maquinaria empleada, a la pendiente y drenaje (Cuadro No. 3).

CUADRO No. 3

PENDIENTE EN POR CIENTO	ANCHO DE LAS FAJAS (m) SUELOS CON MAL DRENAJE	PENDIENTE EN POR CIENTO	ANCHO DE LAS FAJAS (m) SUELOS BIEN DRENADOS	SUELOS CON DRENAJE MEDIANO A MALO
0 a 4	30.0	0 a 7.0	60.0	45.0
5 a 9	22.5	7.5 a 12.0	45.0	30.0
10 a 15	15.0	12.5 a 15.0	30.0	22.5

Determinación del ancho de fajas en función de la pendiente y el drenaje interno de los suelos. (13)

2.4. Rotación de Cultivos.

Consiste en la alternancia de cultivos de cobertera con cultivos en hileras, sobre una superficie de terreno determinada.

Una rotación de cultivos, bien planeada, presenta varias ventajas en comparación con un sistema de monocultivo, como son: mantiene o mejora la fertilidad del suelo; previene la incidencia de plagas, malezas y enfermedades; controla la erosión; mantiene cubierto el suelo; conserva la humedad del suelo.

Los principios agronómicos de una rotación de cultivos son: establecimiento alternado de plantas con sistemas radicales que se desarrollen a diferentes profundidades; alternar cultivos esquilmanes con los que contribuyan al mejoramiento de la fertilidad; sistematizar la producción de acuerdo al mercado, para incrementar ingresos; alternar cultivos con diferentes requerimientos críticos de labranza, humedad, mano de obra.

En la medida que se tengan mayores limitaciones para el uso del suelo, la duración del ciclo deberá aumentarse y restringirse los cultivos de escarda. En el Cuadro No. 4 y en la Figura No. 7, se observan unas propuestas de sistemas de rotación de cultivos.

2.5. Incorporación de Residuos.

Consiste en aprovechar aquéllos métodos de cosecha que dejan la cantidad máxima de residuos del cultivo. La incorporación de residuos se realiza durante la preparación del suelo, se invierte el suelo para enterrar toda la vegetación superficial y el residuo del cultivo.

Para mantener y proteger el residuo, el agricultor puede adoptar alguna forma de un sistema de conservación en la labranza. La conservación en la labranza es un término amplio que se refiere a varios sistemas de labranza que generalmente reducen el número de

pasos a través del campo y también mantienen una porción del residuo del cultivo para control de erosión.

El equipo utilizado (arado de discos o arado de cinceles), cuando se use correctamente, puede dejar un porcentaje significativo del residuo expuesto en la superficie para proteger el suelo. El residuo superficial puede que interfiera con las sembradoras convencionales, entonces se pueden utilizar rejas para cortar la basura o pequeños abresurcos para empujar el residuo al lado, delante de los abridores para semilla en la sembradora.

2.6. Franjas de Abrigo o Barreras Rompevientos.

En este método, se establecen varias barreras vegetales, de manera perpendicular a la dirección del viento en el terreno cultivado. Deben emplearse especies herbáceas, arbustivas y arbóreas. Su estructura debe ser lo suficientemente alta y densa, de tal manera que constituya un obstáculo al paso del viento y aún del polvo. Son además conocidas como setos vivos o fajas de albergue, por servir de refugio a cierto tipo de fauna.

Los efectos benéficos se extienden a sotavento, a una distancia de 20 veces la altura de la franja de abrigo, aproximadamente. Además, cabe resaltar los siguientes beneficios:

a). Reducción de la velocidad del viento: la reducción de la velocidad para cortinas protectoras de árboles de tipo medio, es de 60 a 80 % en la parte más cercana a sotavento, y de 20 % a distancias equivalentes a 20 veces la altura de la barrera; el óptimo se obtiene a 14 veces la altura.

La velocidad mínima para que se inicie el movimiento del suelo, en casi todos los suelos, es de 19 a 24 kilómetros por hora.

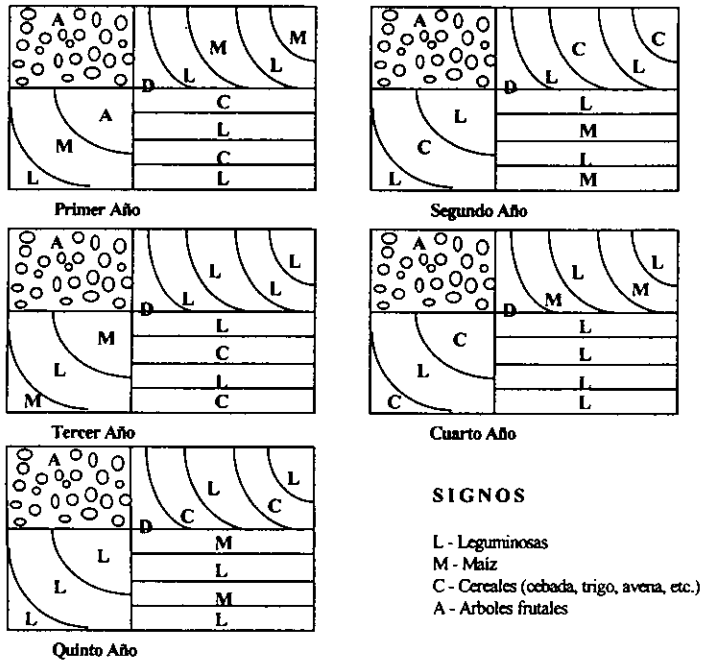
Cuadro No. 4

Ciclos rotacionales posibles de adaptar

Clase de terreno	Duración del ciclo	Composición del ciclo
1	1 año	Los cultivos más remunerativos o bien maíz, algodón, trigo, sorgo, frijol, etcétera.
2	2 años	1er. año: maíz, algodón, trigo. 2o. año: frijol, chícharo, haba u otra leguminosa
3	3 años	1er. año: maíz, algodón. 2o. año: cebada, avena, trigo. 3er. año: frijol, chícharo, haba u otra leguminosa.
4	6 años	1er, 2°, 3o, 4o, años: praderas, 5o. año: frijol, chícharo, haba u otra leguminosa. 6o. año: maíz, algodón.

Ciclos de rotación de Cultivos. (3)

FIGURA No. 7



Distribución de las fajas en rotación de cinco años

Ciclos de rotación de Cultivos. (3)

b). Detener la carga del material acarreado: este efecto se obtiene al disminuir la velocidad del viento en el área de influencia de la barrera, de esta forma gran parte del material se deposita al no existir la energía necesaria para que las partículas de suelo se mantengan en movimiento.

c). Proteger al suelo de la acción erosiva del viento: al lograrse lo anterior, la cortina rompevientos resulta una práctica muy eficaz en la reducción del potencial erosivo del viento. Para tal efecto, deben considerarse algunas características importantes en la construcción de la barrera, como son: forma, altura y densidad.

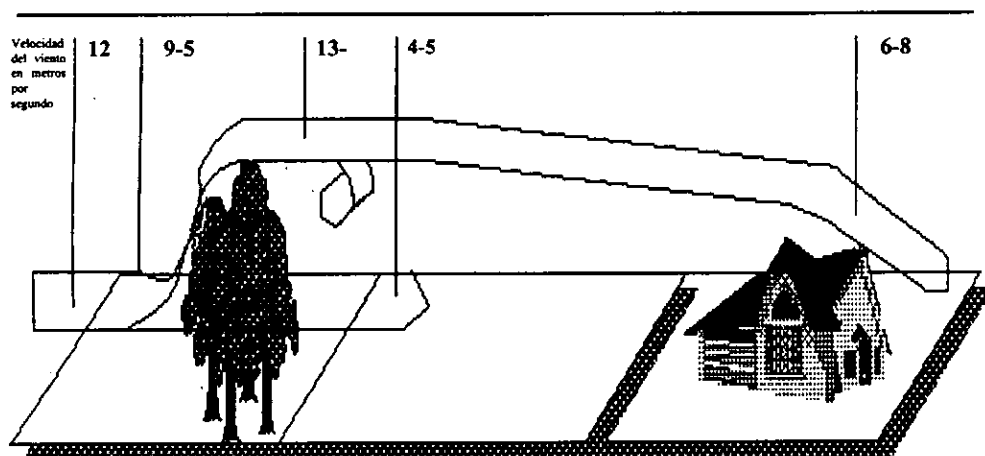
2.7. Capas Protectoras y Estiércol.

Debe considerarse que las capas protectoras acarreadas son de valor limitado en el control de la erosión por el viento en los terrenos secos. El uso principal de estas capas, es cubrir lomos y depresiones en el suelo arenoso, causadas por el viento.

Se recomienda utilizar de 2.2 a 4.5 toneladas por hectárea de paja o heno, y de 13.5 a 18 toneladas por hectárea de estiércol u otro material para protección superficial del suelo. Como práctica se hace un ligero rastreado, pero procurando no enterrar el material agregado al suelo.

Figura 8

DESVIACION DEL VIENTO



Las cortinas cortavientos protegen la tierra del viento hasta una distancia de 20 veces la altura de los árboles. Pero si los árboles están plantados demasiado juntos, oponiendo una barrera

viento, se forman remolinos cerca de la cortina. Un cultivo de protección también preserva el suelo, aumentando la altura de la capa de aire inmóvil sobre la superficie del terreno.

PLANEACIÓN PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN.

1. PLANEACIÓN.

La erosión debe prevenirse mediante una planeación adecuada, dependiendo de la explotación que se persiga, para obtener producciones eficientes y conservar el suelo. Por consiguiente, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

A). Identificar las áreas donde los suelos se erosionan fácilmente, dependiendo de su ubicación, la textura, la estructura, la cantidad de materia orgánica, la retención de humedad, etc.. Esto con el fin de determinar el cultivo y medidas de prevención para conservar el suelo.

B). Averiguar las temporadas más probables en que se puede esperar lluvias o escurrimientos erosivos, esto permitirá calendarizar el cultivo.

C). Determinar los estados en la producción de cada cultivo cuando el suelo estará desprotegido, para tomar las medidas adecuadas.

D). Determinar las temporadas más probables de fuertes vientos, para programar las medidas para el control de la erosión del suelo.

E). Localizar las áreas con pendientes muy inclinadas o muy largas, para definir el método de control a utilizar.

Además, antes de iniciar trabajos de conservación del suelo se hace necesaria una planeación para el manejo eficiente de éste, requiriéndose la elaboración y estudios de planos de Uso Actual, Uso Potencial, así como conocer los factores que restringen su uso.

2. USO ACTUAL.

Esta información junto con otros conocimientos edafológicos permite realizar la proyección de las medidas necesarias para el mejor aprovechamiento del suelo, como recurso renovable. Se consideran los siguientes tipos de Uso del Suelo:

- a) Uso Agrícola.
- b) Uso Pecuario.
- c) Uso Forestal.
- d) Asociaciones Especiales de Vegetación.
- e) Desprovistos de Vegetación.

Enseguida se determinan los factores que estén afectando el buen desarrollo de los cultivos, que permiten agrupar a los suelos en clases, tales como:

- a) Deficiencias de humedad.
- b) Excesos de Agua.
- c) Erosión.
- d) Topografía.
- e) Profundidad del Manto Freático.
- f) Pedregosidad Superficial.
- g) Salinidad.
- h) Sodicidad.

Las cartas de Uso Actual de la CETENAL contienen este tipo de información.

3. USO POTENCIAL.

Esta información tiene la finalidad de ubicar, en los terrenos, las áreas con aptitudes particulares para dedicarlos a su uso adecuado.

Se realiza con la agrupación de las áreas en clases, considerando los factores que limitan el uso que puede darse al terreno.

Cabe mencionar que los terrenos de una misma clase no siempre están afectados por los mismos factores, pudiendo requerir prácticas diferentes.

En las cartas de Uso Potencial del CETENAL, por estudios agropecuarios se encuentra esta información.

3.1. Factores que afectan la Clasificación del Uso Potencial.

3.1.1. Limitantes.

a) Clima

Deficiencia de agua
Exceso de agua

b). Erosión.

c). Topografía

Pendiente.
Relieve
Profundidad
Efectiva
Manto freático
Pedregosidad.

d). Suelo | Salinidad.
Sodicidad.

3.1.2. Auxiliares.

Estos factores son los que proporcionan información para seleccionar las mejores prácticas de manejo, su rango de variación no define una clase por sí misma.

a) Textura | Fina
Media
Gruesa

b) Permeabilidad | Lenta 2.0 cm/hr
Moderada 12.5 cm/hr
Rápida >12.5 cm/hr

c) Reacción del Suelo (pH) | Acido (<6)
Neutro (6.1 – 7-8)
Alcalino (7 – 9)

De esta manera, la planeación del uso de la tierra debe hacerse bajo una secuencia lógica de etapas:

- Especificar los factores a tratar realizando reconocimientos de campo para conocer en uso actual y la problemática.

- Los factores limitantes se someten a un análisis de su magnitud.

- Selección de las prácticas de manejo del suelo que se consideren resuelven los problemas.

- Ejecución de las prácticas de manejo seleccionadas.

- Evaluación de los resultados indicando los beneficios obtenidos.

La realización de los estudios de conservación del suelo, así como el diseño, construcción y mantenimiento de las obras correspondientes deben apoyarse en estudios topográficos previos, para con esto manejar eficientemente los suelos y los escurrimientos superficiales.

VIII. SITUACIÓN NACIONAL

1. ANTECEDENTES.

Existen vestigios que dan prueba que las diferentes culturas que habitaron Mesoamérica realizaban trabajos para conservar sus suelos de cultivo, principalmente a base de terrazas de banco en diferentes formas. Actualmente, los principales tipos de terrazas que atestiguan este tipo de construcciones son: la terraza tipo Netzahualcoyotl, que consiste en bancales con una zanja discontinua aguas abajo, para propiciar la infiltración; la terraza tipo Chamula, práctica que se sigue efectuando en comunidades de los altos de Chiapas.

Con la llegada de los españoles, se introdujo el arado y la deforestación acelerada, que contribuyeron a aumentar el deterioro del suelo, agregándose una ganadería extensiva con ganado bovino, ovino, caprino, caballar y asnar.

Los estudios de la Conservación del Suelo y el Agua, en forma ordenada, tienen su inicio en la década de los años 40's, en el Cerro denominado Pueblo Nuevo, en la Región de Tenancingo, México.

Estos estudios provocaron que por Acuerdo Presidencial, del 25 de Marzo de 1942, se creara el Departamento de Conservación del Suelo, dependiente de la Dirección de Agrología de la entonces Comisión Nacional de Irrigación, de la Secretaría de Agricultura y Fomento. Para el año de 1942 la Comisión Nacional de Irrigación realizó el primer estudio sobre "Erosión" en el país, el cual se efectuó en la parte Central del Estado de Tlaxcala, comprendiendo la Montaña de La Malinche y sus zonas de influencia.

Para 1943, se establecen los dos primeros Distritos de Conservación del Suelo y Agua: Zarco, México y La Malinche, Tlaxcala.

El 31 de Diciembre de 1945, se promulgó la Ley de Conservación del Suelo y Agua y en cumplimiento a la misma, el mes de Agosto de 1946, el Departamento de Conservación del Suelo y Agua, se elevó a la categoría de Dirección General.

Entre 1944 y 1946, se crearon nueve Distritos más de Conservación del Suelo y Agua: Los Altos, Jalisco; Salazar - Cuajimalpa, Valle de Toluca y Chapingo, México; Ixmiquilpan y Jacala Hidalgo; Valsequillo, Puebla; Morelia, Michoacán; La Carbonera de Acultzingo, Veracruz.

Para 1947, la recién creada Dirección General de Conservación del Suelo y Agua, de acuerdo con la nueva Ley de Secretarías de Estado, pasó a depender de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, por haberse constituido la Comisión Nacional de Irrigación en la anterior Secretaría de Recursos Hidráulicos.

Entre 1976 y 1977, la Dirección General de Conservación del Suelo y Agua, pasó a formar parte de la Subsecretaría de Agricultura y Operación, dependiente de la recién desaparecida Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, que se originó por la fusión de las ex Secretarías de Agricultura y Ganadería, y de Recursos Hidráulicos. Derivado de lo anterior, por la similitud de actividades, se consideró la incorporación de la Dirección de Manejo de Cuencas, que dependía de la Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, a la actual Dirección General de Conservación del Suelo y Agua, que forma parte de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (S.A.G.A.R.), que en el año de 1995 suple a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Por otra parte, en México, el 30 % de la superficie corresponde a áreas planas (planicies, mesetas, llanuras, etc.) en donde la topografía no es un factor limitante para el

desarrollo de la agricultura, que limitan con las fajas costeras que se extienden a lo largo del Golfo de México y del Istmo de Tehuantepec y continúan hacia el Oriente sobre la ancha planicie de la Península de Yucatán. Las zonas onduladas a fuertemente onduladas (lomeríos, pequeñas elevaciones, valles intermontanos, etc.) abarcan el 20 ó 25 % y pueden usarse en la ganadería, con ciertas limitaciones para la agricultura de temporal y no son propias para la agricultura de riego. El resto del país, entre 40 y 50 % está representado por zonas escarpadas, de topografía difícil (sierras, cañones, volcanes, etc.), en donde no es posible realizar actividades agropecuarias, pero se pueden emplear con fines silvícolas, recarga de acuíferos, vida silvestre, etc..

En México, las zonas áridas y semiáridas representan más del 50 % de la superficie nacional. Más del 50 % de las tierras del país están a una altura mayor de 1 000 metros y gran parte de ellas sobre laderas de pendiente regular o aguda (FAO 1988).

En el Norte, la elevación general de los Bolsones y Cuencas es de 1 000 a 1 200 metros. El clima es árido en el Noroeste y árido o semiárido en la Región Centro - Norte. La vegetación natural está compuesta por arbustos xerófitos y cactáceas y una cubierta superficial de pasto bajo, de escasa capacidad de pastoreo que cambian de acuerdo con la humedad y las condiciones locales de los suelos. Estas tierras son muy susceptibles a la erosión, habiendo algunas ya gravemente afectadas por un proceso erosivo moderado a fuerte. El pastoreo elimina la delgada cubierta natural, de tal modo que las lluvias torrenciales, que a veces siguen a los largos periodos de sequía, perjudican los suelos marcadamente. Además, los suelos del desierto son generalmente delgados y su materia orgánica y el nitrógeno se encuentran en la capa delgada superficial. Esto debe tomarse en cuenta, ya que es difícil distinguir entre el proceso geológico natural de la erosión y la erosión inducida por las actividades productivas, que actualmente ha causado graves daños y no debe subestimarse.

Como se observa en la Figura No. 10, las zonas áridas o semiáridas del país son propensas a ser dañadas, acentuadamente, por la erosión hídrica. Igual sucede con las zonas

de selvas altas (Sureste de México) si se elimina la vegetación, como ha sucedido, pues actualmente solo se tiene un 10 % de la superficie original que estaban cubiertas por selvas.

En las tierras montañosas y arboladas más húmedas del país, la erosión del suelo se ha debido, principalmente, al cultivo del maíz. Por lo general, los suelos gruesos formados por cenizas volcánicas recientes, son menos susceptibles a la erosión y se restauran más rápidamente por las propiedades físicas de resistencia a la erosión que les son inherentes y por su fertilidad natural mayor. Los suelos poco profundos e inclinados, que tienen como base un material madre rocoso infértil, o capas duras impermeables, tales como el tepetate (caliche), tan abundante en muchos lugares de México, están sujetos a riesgos más fuertes y permanentes.

En su mayor parte, la erosión de los suelos en las tierras montañosas más húmedas se presenta por deslizamientos y derrumbes; no es la erosión laminar o en cárcava, tan frecuente en las regiones templadas.

La erosión del suelo en las tierras onduladas de las Cuencas intermontañas del Centro y del Sur de México tiene su origen en la agricultura pre-Hispánica. Existen datos históricos sobre el aprovechamiento de la tierra en estas regiones. Se cuenta con datos con descripciones de suelos y cultivos, que indican claramente la erosión. La población subsistía a base de una agricultura del tipo de milpa, en la cual el desmonte y la quema de la vegetación y de la materia orgánica, combinados, con la inevitable pérdida del suelo durante el cultivo, seguramente produjeron la erosión de las tierras inclinadas. Además, el carácter de las lluvias, en su mayoría fuertes aguaceros de corta duración, ha influido en la erosión de los suelos removidos.

Entre las consecuencias físicas más importantes, se tiene la degradación de los ecosistemas en función de su alteración por las actividades productivas. Esto ha sido valorado en la cuenca experimental del Río Texcoco, donde las áreas degradadas que

ocupan una superficie de apenas el 18.1 % de la cuenca, aportan el 85 % de los sedimentos totales acarreados; las áreas de cultivo agrícola con el 26,2 % de la superficie aportan el 13 % de los sedimentos; el pastizal con el 10.3 % de la superficie aporta el 1.9 % de los sedimentos; el bosque con el 45.4 % de la superficie, apenas aporta el 0.1 % de los sedimentos totales.

La misma situación ocurre en otras Cuencas del país, los materiales son transportados a las partes bajas de las Cuencas, ocasionando azolve de los sistemas hidráulicos; contaminación de suelos; contaminación de cuerpos de agua y la consecuente extinción de la fauna acuática; la degradación alcanza también las áreas urbanas por el azolve de los sistemas de drenaje y la contaminación ambiental. La eliminación de la cubierta vegetal en las partes altas de las Cuencas ocasiona la formación de escurrimientos sin control que provocan inundaciones en las partes bajas.

Cabe resaltar, que en el país existen áreas de tierra en condiciones de erosión incipiente, y que en muchos casos han sido abandonadas aún cuando su precipitación es de 600 milímetros anuales y con una pendiente menor de 5 %, lo que significa que son adecuadas para la actividad agrícola. Relacionando esto con el hecho de que la ampliación de la frontera agrícola, prácticamente, ha llegado a sus límites permisibles, será conveniente considerar la instrumentación de obras de conservación del suelo y agua para volver a ser productivos, pero la actual situación económica por la que atraviesa México, representa un obstáculo para echar a andar los programas necesarios.

Esta situación se ejemplifica con un estudio realizado por la Dirección General de Conservación del Suelo y Agua en los Estados de Querétaro, México, Guanajuato, Hidalgo, Michoacán, Puebla, San Luis Potosí y Zacatecas, donde se identificaron 316 500 hectáreas en condiciones de erosión incipiente, que no se cultivaban, no obstante contar con precipitación pluvial adecuada y poca pendiente.

Figura No. 9

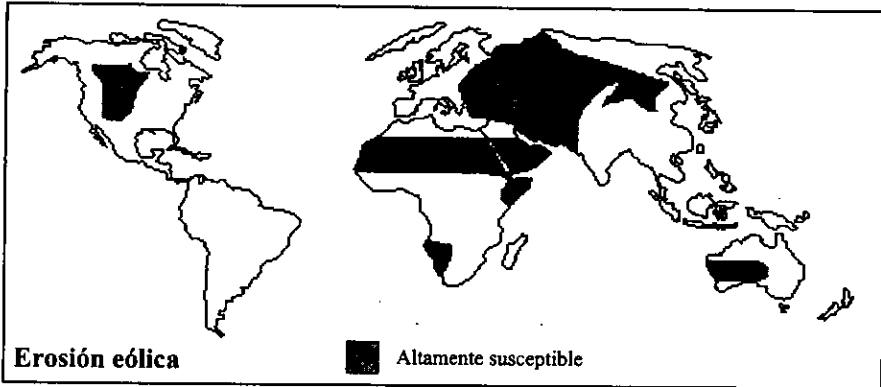
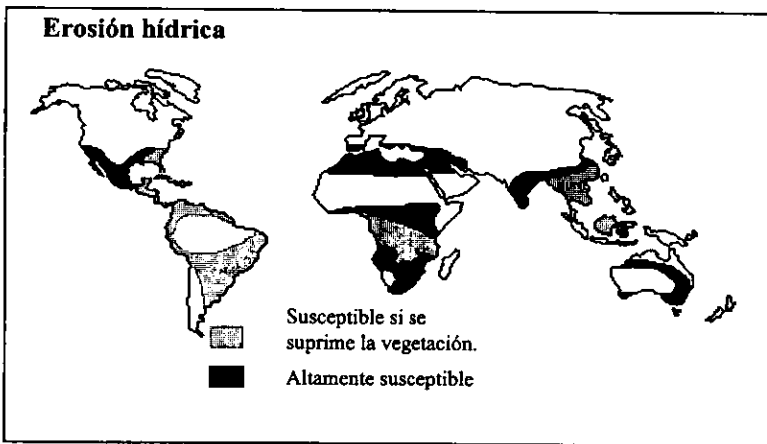


Figura No. 10



Enormes Zonas del Mundo están expuestas a la Erosión Hídrica y Eólica.

II. Cuando se pierde toda la vegetación del suelo aumenta la superficie susceptible de Erosión. (6)

Si se acondicionan dichas tierras con las obras de conservación del suelo y agua necesarias, hasta los límites de erosión y pendiente seleccionados, pueden considerarse como obras moderadas, factibles de realizarse con inversiones económicamente costeables. (S.A.R.H. 1986).

2. ÍNDICES DE EROSIÓN EN MÉXICO.

Existen diferentes criterios para definir el Índice de Erosión, dos de los más empleados son ton/ha/año y los mm/año; ambos son equivalentes, pero muchas veces no se define el peso específico real del suelo, y por lo tanto no puede hacerse una conversión entre ellos. Una práctica común es considerar la variación del índice de erosión entre 2.2 y 11.2 ton/ha/año, como la erosión permisible (dependiendo de las condiciones del suelo); sin embargo, la regeneración de un suelo desde el punto de vista geológico va de 0.22 a 2.22 ton/ha/año.

Todavía no existen datos sistemáticos sobre los índices de erosión en México, salvo los presentados para la Zona del Lago de Texcoco, donde se indica que el índice de erosión máximo aceptable es de 9.176 ton/ha/año.

Los Estados de México, Tlaxcala y Oaxaca, se han caracterizado desde hace tiempo por presentar fuertes problemas de erosión, sin embargo, la objetiva evidencia de las cárcavas y el azolve de presas se presenta en muchos otros Estados.

Puede asegurarse que donde hay cultivos de temporal con relieve quebrado existen problemas de erosión.

Conviene señalar que muchas veces se presentan índices de erosión obtenidos de la medición del aforo de corrientes de Cuencas, o por el depósito de sedimento de embalses. Estos datos deben ser tomados con mucha precaución, ya que el aporte de sedimento de una Cuenca es menor que la erosión a nivel parcelario; por ejemplo, una Cuenca de 5

kilómetros cuadrados aporta el 40% de la erosión total, y una de 50 kilómetros cuadrados aporta el 25 %, por lo cual los índices así estimados pueden estar subvaluados si no se toma en cuenta este aspecto.

VIII. ANÁLISIS.

Para analizar el efecto del proceso de la Erosión se debe tener presente que donde no existe intervención humana, la erosión de los suelos es generalmente lenta. La erosión acelerada es el resultado de la utilización de prácticas de aprovechamiento del suelo, conjuntamente con técnicas agrícolas que no corresponden a las tierras a que se aplican. En ocasiones se exige a la tierra más de lo que puede dar, otras veces se siembran cultivos inadecuados o, tal vez, se aplican técnicas agrícolas que no corresponden al tipo de suelo.

Este mal uso del suelo ocasiona algunos inconvenientes, como: el rendimiento agrícola resulta inevitablemente inferior al máximo que podría obtenerse; la erosión no tarda en aparecer, contribuyendo a agravar el problema. De esta manera, la erosión, el rendimiento y aprovechamiento de la tierra son factores que la mayoría de las veces su interrelación se refleja como una retroalimentación negativa; esto significa que cuando se escoge un cultivo equivocado o se aplica una técnica agrícola inadecuada inmediatamente sobreviene una disminución del rendimiento. Enseguida se presenta la erosión, con lo que el rendimiento se reduce aún más. Finalmente el suelo se deteriora y se vuelve improductivo.

Ahora bien, al igual que la erosión de los suelos depende de los factores físicos como de los culturales, las medidas de conservación tienen que adaptarse a las costumbres, situación económica y hábitos alimenticios de las regiones tanto como a las características físicas del ambiente. **El error que debe evitarse consiste en tratar de utilizar medidas que han dado resultado en otros lugares sin una previa validación**, teniéndose en cuenta que los programas de conservación deben plantearse y adaptarse a las condiciones propias de cada lugar. La necesidad de mejorar los suelos, combatir la erosión y mejorar el

aprovechamiento del suelo, debe estar presente tanto en el gobierno como entre los productores.

De esta manera, debe tenerse claro que el uso del suelo depende en gran medida de factores sociales, políticos y económicos. De ahí que sea casi imposible que tenga éxito un enfoque estrictamente agrotécnico del desarrollo de tierras y del uso y conservación del suelo. Los progresos en la tecnología agrícola, de conservación de suelos son considerables, teniéndose manuales sobre éstas cuestiones. Sin embargo, con demasiada frecuencia se descuidan o pasan por alto los factores mencionados, debido en parte a que no se tiene conciencia de su fundamental importancia y, en parte también, a que caen fuera del ámbito de actividad de los técnicos que se ocupan habitualmente de los programas de desarrollo o de la conservación de suelos. Entonces, el enfoque para el manejo de los programas de conservación de suelos, en especial la erosión, debe hacerse con un enfoque integral, en el cual se tome en cuenta la gravedad del problema de la degradación de los suelos, llamar la atención acerca de él, examinar las cuestiones sociales, económicas y políticas.

Es recomendable que las medidas encaminadas a prevenir la erosión de las tierras productivas se implementen simultáneamente con el aprovechamiento productivo de éstas. Es un hecho, que actualmente muchas medidas para combatirla se relacionan estrechamente con las prácticas de cultivo utilizadas en una adecuada explotación agrícola. Entre estas medidas para el aprovechamiento del suelo; se tienen los cultivos de protección, la rotación de cultivos, la utilización de abonos y estiércol y las prácticas de labranza. Para complementar éstas prácticas se hace uso de técnicas directamente relacionadas con características del terreno, como son las curvas de nivel, el cultivo en fajas, el cultivo en terrazas, barreras rompevientos, la construcción de cauces de desagüe, etc..

La utilización de los métodos para el control de la erosión, tanto los vegetativos como los mecánicos, es una herramienta en manos de los productores que deben ser seleccionados de acuerdo a las condiciones del ecosistema a aprovechar. Casi siempre, va a resultar imposible que mediante un sólo método se logre evitar la acción de la erosión del

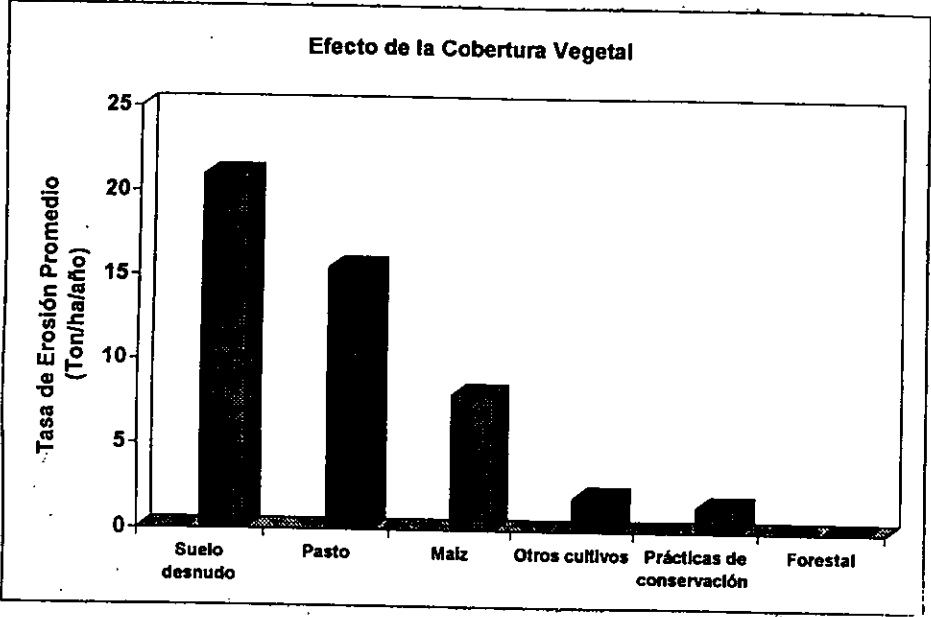
suelo, sino que se requiere incorporar el uso de varios métodos a la vez, que se complementen para cumplir con la finalidad de reducir al mínimo la erosión. Esto se consigue con un conocimiento, por parte del productor, del abanico de opciones que tiene a su alcance y una conciencia clara de su relación con el medio.

Con base a evaluaciones que se han hecho de los suelos en México, se considera que de 60 a 80 % se encuentran bajo diferentes grados de erosión, lo cual ocasiona una disminución en la productividad y un aumento en el deterioro ecológico.

Por su orografía accidentada, gran parte del territorio mexicano está expuesto a la erosión de suelos y particularmente a la erosión por lluvia.

La pérdida de suelo repercute en una gran cantidad de problemas, dos de los más importantes son el descenso en la producción de los cultivos y la pérdida de capacidad en los embalses. En México, gran cantidad de la producción agrícola proviene de las zonas temporaleras, y son en éstos sitios donde se acentúa la pérdida de suelo por erosión, debido al régimen de lluvias, la orografía y las técnicas de cultivo. Paradójicamente, el suelo útil que se pierde en las cuencas representa un problema en los embalses, pues reduce su capacidad de almacenamiento para riego, generación eléctrica, control de avenidas o disponibilidad de agua para consumo humano.

En México, desafortunadamente, existe poca información documentada, pero algunas cifras reportadas en la Literatura son muy ilustrativas, teniéndose la siguiente situación: del análisis de 20 presas se obtuvo que el 70 % de las presas analizadas ha perdido su capacidad reservada para azolves en periodos menores de 16 años, y en el 40 % de los casos se ha reducido en más del 20 % su capacidad útil. Los casos más evidentes son La Calera (Guerrero) y La Soledad (Puebla); se estima que la primera ha perdido el 94 % de su capacidad útil y la segunda el 76 %.



En el país, el problema de la erosión se presenta principalmente en las zonas de topografía quebrada, donde las pendientes del terreno son escarpadas. Tomando en cuenta que gran parte del territorio tiene ese tipo de relieve, y que las zonas temporaleras están ubicadas en esos sitios, se puede considerar que el problema es grave. Se ha observado que cuando los suelos se empobrecen por el efecto de erosión, o bien cuando estos han desaparecido se abandonan dichos lugares por la baja producción de los cultivos. Existen lugares donde en un periodo de 60 años se han perdido estratos de un metro de suelo. Si se toma en cuenta que generalmente sólo los primeros 60 centímetros de suelo son los más útiles a la agricultura, se entenderá el acelerado empobrecimiento de los suelos y su importancia.

La erosión hídrica es una de las fuentes más importantes de erosión de suelos en las zonas tropicales del país. La conservación de suelos es una tarea muy difícil en cualquier parte del mundo, dada la multitud de variables que intervienen en el proceso de erosión hídrica. Sin embargo, existen dos razones importantes por las que dicha conservación es aún más complicada en zonas tropicales que en las templadas. En primer lugar, las tasas de erosión hídrica suelen ser mayores en zonas tropicales porque poseen ecosistemas altamente vulnerables al proceso erosivo y, además están sujetas a transformaciones agropecuarias y forestales drásticas.

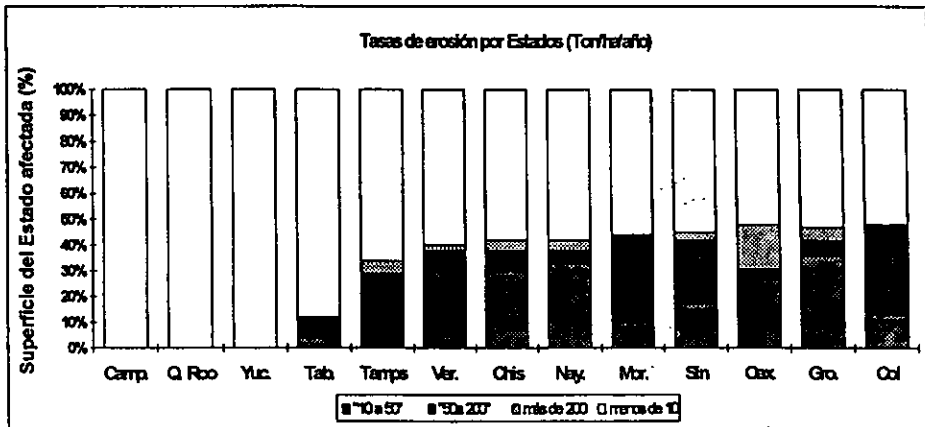
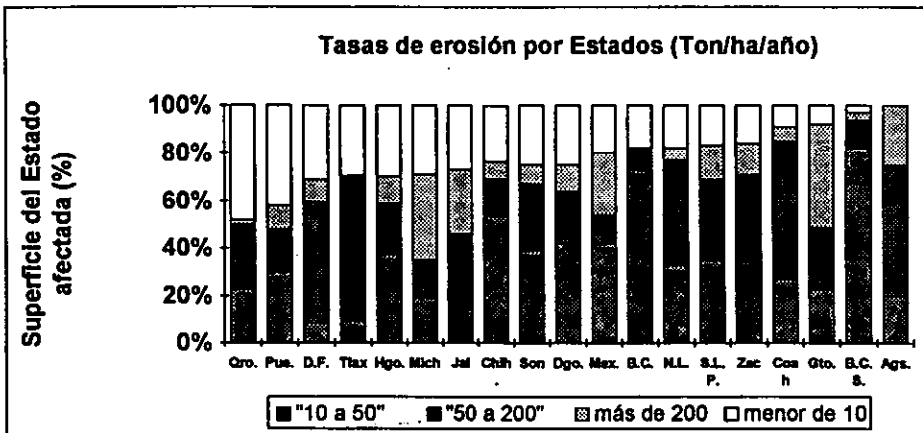
En México, el constante incremento en las demandas de nuevas tierras para la agricultura es uno de los principales factores de deforestación. Dado que los terrenos planos son muy escasos, las zonas montañosas poco explotadas, no aptas para la agricultura, pasan a ser fuente primordial de nuevas tierras. En un país como el nuestro, donde múltiples cadenas montañosas corren a lo largo de su territorio, la agricultura de ladera es una actividad prácticamente inevitable. Se estima que sólo el 14 % del territorio mexicano tiene tierras susceptibles para la agricultura y que menos del 26 % de éstas tienen posibilidades de irrigación.

El maíz, que es el principal producto agrícola nacional y que es cultivado en todas las regiones del país durante gran parte del año, desafortunadamente, no es un cultivo que conserve el suelo. Por el contrario, dado sus requerimientos de luz, agua y nutrientes, los individuos son plantados muy espaciadamente para evitar competencia entre ellos, y el suelo es frecuentemente deshierbado. Esto produce una escasa cobertura vegetal y una mayor susceptibilidad al proceso erosivo. Se considera al maíz como uno de los cultivos de surco más erosivo. Durante años, miles de hectáreas de selvas vírgenes se abrieron al cultivo del maíz, con autorización y ayuda del gobierno, a través de la Comisión Nacional de Desmontes. Actualmente, la deforestación continúa a tasas alarmantes; tanto en tierras destinadas para la agricultura, la ganadería y en zonas boscosas.

En relación con la explotación pecuaria, la ganadería ha tenido aumentos sin precedentes en los últimos decenios. Dado el carácter fundamentalmente extensivo de la ganadería en México, este incremento produjo una disminución drástica en la cobertura forestal del país, viéndose afectados principalmente los Estados de Veracruz, Tabasco, Campeche, Chiapas.

Se considera que México es uno de los países Latinoamericanos con problemas de erosión más serios, considerándose una pérdida de 150 000 a 200 000 hectáreas de tierra arable y que, en los últimos 30 años se ha perdido cinco veces más suelo que en toda su historia.

Para ejemplificar lo anterior, se menciona que en el Estado de Veracruz, las selvas medianas y altas que cubrían originalmente el 54.8 % de la superficie Estatal, han quedado reducidas a un 7.7 % más un 9.5 % de selvas secundarias; además, 30.8 % de su superficie está convertida en potreros y 32 % en zona agrícola. En el caso de Tabasco, los ecosistemas selváticos que cubrían 47 % de la superficie, disminuyeron a sólo 18 %, más 20 % de selvas secundarias, y con un 46 % convertida en potreros y 17 % en zona agrícola.⁽²⁾







Seguramente, estas transformaciones tan severas de los ecosistemas naturales en campos agrícolas y potreros han traído como consecuencia aumentos alarmantes en la degradación de suelos por efecto de la erosión. Sin embargo, su verificación no es nada fácil. Esto debido a que la Literatura existente es muy escasa, dispersa, de difícil acceso y, en ocasiones confusa y contradictoria, lo que refleja la poca importancia que se le ha dado al problema.

Entre las principales consecuencias económicas que originan el fenómeno de la erosión, se tiene la pérdida de tierras productivas, lo cual repercute en una reducción substancial de la superficie de cultivo disponible para el país; la pérdida de cosechas por el arrastre de la escorrentía o la acumulación de sedimentos; el desperdicio de insumos como fertilizantes, insecticidas, herbicidas y otros, que son desalojados del área de interés por los escurrimientos superficiales; la dependencia alimentaria del exterior como consecuencia del déficit en la producción de bienes de consumo y productos básicos, agudizado por la disminución de la productividad y la pérdida de cosechas.

En vista de que los aumentos unitarios en productividad representan un proceso a mediano y largo plazo, es conveniente buscar nuevas formas de ampliar la capacidad de producción del país, ya que la población crece a un ritmo de 3 % anual y esto significa un reto enorme en el suministro de alimentos, que de alguna manera se tiene que resolver, para evitarle a la nación graves quebrantos sociales, tensiones políticas y problemas de orden social.





SIMBOLOGIA
GRADOS DE DETERIORO DEL RECURSO SUELO

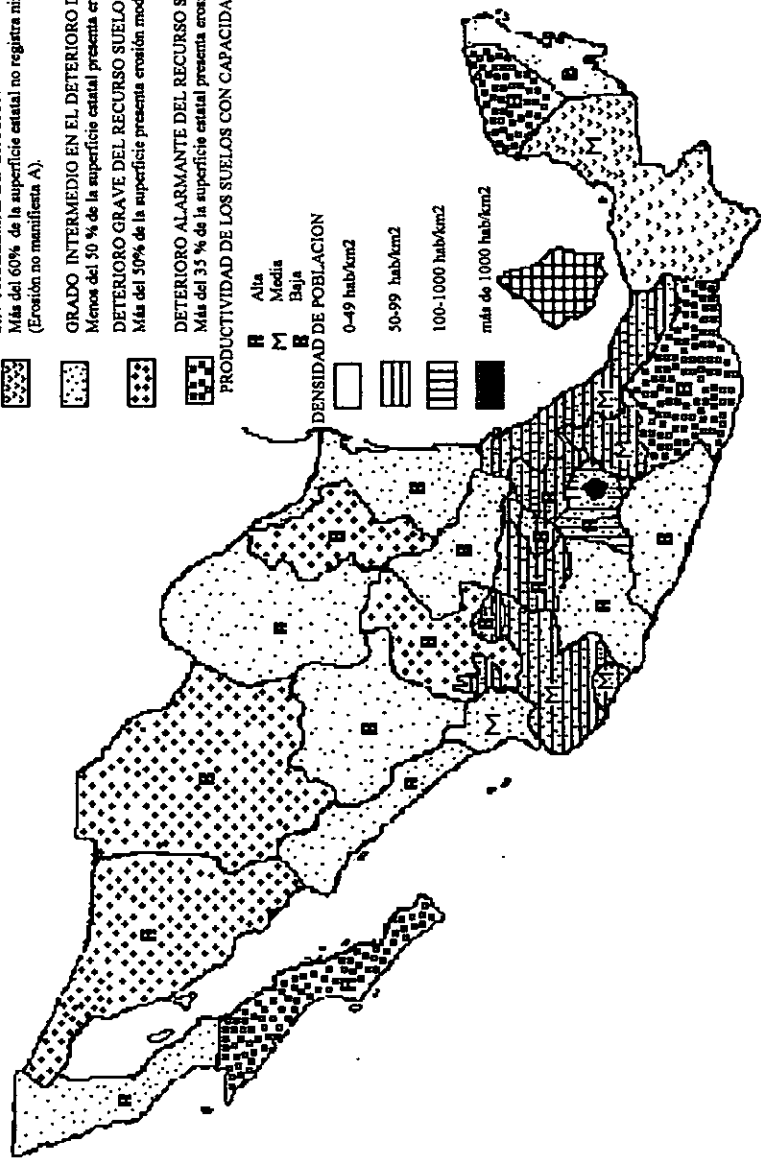
-  **SIN PROBLEMAS DE EROSION**
 Más del 60% de la superficie estatal no registra ningún grado de erosión
 (Erosión no manifiesta A).
-  **GRADO INTERMEDIO EN EL DETERIORO DEL RECURSO SUELO**
 Menos del 50 % de la superficie estatal presenta erosión moderada B.
-  **DETERIORO GRAVE DEL RECURSO SUELO**
 Más del 50% de la superficie presenta erosión moderada B
-  **DETERIORO ALARMANTE DEL RECURSO SUELO**
 Más del 35 % de la superficie estatal presenta erosión severa B/C, y muy severa C

PRODUCTIVIDAD DE LOS SUELOS CON CAPACIDAD AGRICOLA

-  Alta
-  Media
-  Baja

DENSIDAD DE POBLACION

-  0-49 hab/km²
-  50-99 hab/km²
-  100-1000 hab/km²
-  más de 1000 hab/km²



IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

a). La conservación de suelos debe contemplar toda una acción integral buscando el máximo control posible de los factores que inciden en la problemática.

b). Lo anterior implica una mayor concientización de la sociedad, principiando por los productores y autoridades a quien corresponda decidir las acciones a tomar, buscando surja una política Nacional bien definida para hacer frente al problema de la conservación del suelo.

c). En México, actualmente, el problema de la erosión ha alcanzado niveles preocupantes, lo que implica la necesidad de crear programas de investigación para determinar el grado de erosión de los suelos en las diferentes regiones del país.

d). Se tendrán que realizar los estudios y proyectos de cada región, para definir las medidas preventivas ó correctivas en cada una de ellas, lo que nos permitirá una mayor eficiencia en la producción agrícola, forestal y pecuaria, y porqué nó, un mejor entorno ambiental.

e). Ante la situación actual deben destinarse mayores recursos económicos y técnicos a la conservación de suelos y que paralelamente ocurra el proceso de concientización.

f). Se requiere documentar y dar seguimiento a todas las experiencias que se vayan acumulando.

g). Incrementar los trabajos de investigación y preparar al personal técnico que está en contacto con el usuario del suelo.

h). Promover la elaboración de manuales de conservación de suelos, que estén acorde con la realidad nacional.

i). Formar especialistas en el tema, capaces de planificar, diseñar y dar seguimiento a los trabajos de campo.

j). A Nivel Nacional, la erosión del suelo en regiones agrícolas y forestales, actualmente, representa un grave problema debido a la falta de una política que genere las medidas necesarias del manejo y conservación del suelo. Esto deriva en una falta de investigación que nos permita valorar e identificar las zonas más afectadas.

k). El uso adecuado del suelo es el primer paso para el establecimiento de una agricultura integral y controlar la erosión. Una buena definición sobre el uso adecuado del suelo, sería usar todas las tierras disponibles de acuerdo a su capacidad productiva, de tal manera que se obtenga una producción económica y permanente, conservando su fertilidad.

l). La falta de suelos suficientes y productivos representa para cualquier país una gran desventaja, ya que lo hace dependiente de otros países y susceptible a problemas sociales, económicos y políticos internos.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Curso sobre Regadíos y Medio Ambiente. Madrid, España. (1994).
- 2) CONACYT. Ciencia y Desarrollo (Conservación de Suelos Tropicales). XV. (90). 21-36. Ed. CONACYT. (1990).
- 3) Dirección General de Conservación del Suelo y Agua. Manual de Conservación del Suelo y Agua. . S.A.R.H. (2a. Edición). México. (1982)
- 4) FAO. Directrices para el Control de la Degradación de los Suelos. Ed. FAO. Roma, Italia. (1984).
- 5) FAO. Estudio de la Erosión del Suelo en la América Latina. Ed. FAO. Roma, Italia. (1954).
- 6) FAO. Proteger y Producir: Conservación del Suelo para el Desarrollo. Ed. FAO. Roma, Italia. (1984).
- 7) FAO. La Erosión del Suelo por el Agua. Ed. FAO.(2a. Edición). Roma, Italia. (1988).
- 8) Garduño, Y: J: Geología de Suelos en la Agricultura. Tesis - I.P.N.. México. (1987).

- 9) Hughes, H. A.. Administración para la Conservación en la Agricultura. Ed. John Deere Technical Services. 70-88. México. (1988).
- 10) Kirkby, M. J., et Al. Erosión de Suelos. Ed. LIMUSA. México. (1984).
- 11) Pineda, V. A.. Análisis y Alternativas de Restauración Ecológica para Áreas con Degradación Ambiental por Desertificación y Erosión en Tlaxcala Tesis - F.E.S.-C., U.N.A.M.. México. (1989).
- 12) S.A.R.H.. Principales Acciones del Programa de Conservación del Suelo y Agua realizado durante el Sexenio 1977-1982 (Memorias). Ed. S.A.R.H.. México. (1982).
- 13) S.A.R.H.. Uso, Manejo y Conservación de Tierras y Aguas en México. Ed. S.A.R.H.. México. (1981).
- 14) Secretaría de Gobernación (Sistema Nacional de Protección Civil). Erosión. (3). Ed. CENAPRED. México. (1994)
- 15) Anaya, G. M. Problemas de Erosión y Desertificación en América Latina. Ponencia Magisterial presentada en el IX Congreso Latinoamericano y el III Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo, Palmira, Colombia. 26-30 Agosto, 1985.
- 16) Vázquez, V. La Conservación del Suelo y Agua. Ed. D.G.N.A.- S.A.R.H. México. 1986.

PROBLEMAS Y CAUSAS DE LA DESERTIFICACIÓN

FACTOR	PROBLEMAS	CAUSAS
Agua	Escasez de agua.	† Precipitación escasa. Lluvia errática y mala distribución Mal manejo del agua de riego. Sobreexplotación de acuíferos y de almacenamientos superficiales Pérdidas de agua.
	Mal manejo del agua de lluvia en áreas de temporal	*Deficiente y errática distribución de la lluvia. Deficiencia de los sistemas de drenaje. *Ecurrimientos superficiales sin control.
	Mal manejo del agua de riego	Desconocimiento del uso consuntivo. Nivelación deficiente de las tierras. Métodos inadecuados de riego. Inadecuada distribución de las parcelas.
	Inundaciones	*Errática y mala distribución de la lluvia.
Suelo	Erosión (Hídrica o Eólica)	Reducción de la cubierta vegetal. *Erosión geológica. *Ecurrimientos no controlados Sedimentación de la estructura del suelo Degradación de la estructura del suelo Prácticas inadecuadas de labranza Erosión Eólica Disminución de la profundidad del perfil del suelo Pérdida de la fertilidad del suelo superficial Lixiviación Reducción de la capacidad de retención de humedad
	Salinidad y drenaje deficiente	Acumulación excesiva de sales Indundación Riego excesivo *Calidad del Agua Prácticas deficientes de lavado Mal manejo del agua de riego Sistemas deficientes de drenaje *Ecurrimientos sin control
Flora	*Reducción de la cubierta vegetal	Agricultura de rosa - tumba - quema Desmontes Sobrepastoreo Invasión por plantas indeseables Tala inmoderada Recolección sin control de leña Fuego *Sequia
Fauna	Disminución de la productividad animal	Escasez de agua Deficiencia de forraje y de reservas alimentarias Nutrición y salud animal
Energía	Mal uso de la energía	Recolección incontrolada de leña Mal uso de la energía disponible

† Causas debidas a la influencia de la naturaleza

**PROBLEMAS DE MANEJO DEL SUELO DE ACUERDO A LOS
FACTORES LIMITANTES (16)**

- I). **TERRENOS CON PRECIPITACIÓN MAYOR A 400 MILÍMETROS ANUALES.**
- a). Cultivos al contorno, fajas, cobertera, rotación de leguminosas y pastos, terrazas.
 - b). Abonos verdes, estiércol, residuos.
 - c). Asociaciones de cultivos de diferente ciclo.
 - d). Localizar fuentes de abastecimiento de agua (Superficial o Subterránea).
- II). **TERRENOS CON PRECIPITACIÓN DE 100 - 400 MILÍMETROS ANUALES.**
- a). Buscar una fuente adecuada de agua.
 - b). Establecer pastizales resistentes y adaptados.
 - c). Realizar surcado Lister.
 - d). Promover la regeneración de la vegetación nativa.
 - e). Implantar terrazas de absorción cuando sea costeable.
 - f). Desarrollar obras de captación de agua de lluvia.
- III). **TERRENOS PARCIAL O FRECUENTEMENTE INUNDABLES.**
- a). Desarrollar cultivos que se adapten.
 - b). Nivelación o diseño de terrazas con desagüe.
 - c). Canales de desvío hacia salidas bien protegidas.
 - d). Establecer sistema de drenaje superficial.

IV). TERRENOS CON EROSIÓN.

- a). Surcado al contorno, terrazas, canales de desvío.
- b). Abonos verdes, estercoladuras, residuos de cosechas.
- c). Cultivos en fajas, cobertera, rotación de cultivos, al contorno y surcado Lister.
- d). Nivelación con escrepa.
- e). Barreras rompevientos.
- f). Establecimiento de praderas.
- g). Terrazas.
- h). Favorecer la regeneración de la vegetación nativa o reforestar.
- y). Presas de control de azolves (permanentes o temporales).

V). SUELOS CON TOPOGRAFÍA IRREGULAR :

- PENDIENTE UNIFORME 2 - 15 % , ONDULADA 2 - 10 % .

- a). Surcado al contorno con terrazas.
- b). Abonos verdes, estercoladuras, residuos de cosechas, cultivo en fajas, cultivos de cobertura rotación de cultivos, surcado Lister.

- PENDIENTE UNIFORME U ONDULADA DE 15 - 100 % .

- c). Terrazas y canales de desvío.
- d). Reforestaciones, pastizales con surcado Lister.
- e). Regenerar vegetación nativa.
- f). Bancales cuando sea posible.

VI). SUELOS DELGADOS.

- a). Cuando está restringido por materiales no consolidados:
 - 1. Seleccionar plantas cuyo sistema radicular se adapte.
 - 2. Subsoleo para incrementar el proceso de intemperismo.
- b). Restringida por materiales consolidados (piedras, capa de roca continua):
 - 1). Pastizales, con raíz poco profunda.
 - 2). Árboles frutales en cepas cavadas con dinamita.

VII). MANTO FREÁTICO SOMERO : 10 - 100 CENTÍMETROS.

- a). Desarrollar especies con características fisiológicas y sistema radicular adaptado.
- b). Localizar la fuente de agua y desviarla.
- c). Establecimiento de drenaje.
- d). Establecer drenaje vertical con pozos profundos para abatir el nivel.

VIII). PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL.

- a). Cuando resulte costeable implementar labores de despiedre.
- b). Desarrollar pastizales.
- c). Plantar frutales o especies forestales.

IX). SALINIDAD Y/O SODICIDAD: 2 -16 MMHOS/ CM .

- a). Desarrollar plantas tolerantes:
 - 1). 2 - 4 mmhos/cm : Manzano, Durazno, Aguacate, Trébol, Rábano.
 - 2). 4 - 12 mmhos/cm : Melón, Vid, Tomate, Trigo, Sorgo, Maíz.
 - 3). > 16 mmhos/cm : Algodón, Zacate Salado, Palma Datilera.
- b). Para suelos > 16 mmhos/cm , aparte de cultivos tolerantes realizar en lo posible lavados mediante un sistema de drenaje.
- c). Para el caso del Sodio, donde el porcentaje de Sodio Intercambiable fluctúa de 10 - 60 es conveniente aplicar mejoradores como: Yeso, Azufre, Ácido sulfúrico, Potisulfuro de Calcio, Sulfato de Fierro.
Una vez incorporados deben efectuarse lavados con sistema de drenaje. Para esto se requiere de personal capacitado.

**PRÁCTICAS DE MANEJO DE LOS SUELOS DE ACUERDO
A LOS FACTORES AUXILIARES (16)**

I). TEXTURA Y PERMEABILIDAD.

a). Gruesa (Arenosa) y Alta Permeabilidad:

- 1). Aplicar abonos verdes, estercoladuras, residuos de cosechas.
- 2). Obras de captación de agua.
- 3). Sembrar cultivos de tubérculo.
- 4). Rotaciones de cultivos que incluyan pastos (promueven la agregación, por lo tanto mayor retención de humedad).

b). Fina (Arcillosos) y Baja Permeabilidad :

- 1). Preparar el terreno en condiciones óptimas de humedad.
- 2). Practicar la labranza mínima para evitar compactación.
- 3). Agregar materia orgánica para promover la formación de agregados e incrementar la fertilidad y la permeabilidad.
- 4). Cuando se utilice maquinaria pesada subsolar cada 3 - 4 años.
- 5). Rotación de cultivos con diferentes hábitos de crecimiento radicular.
- 6). Habilitar un sistema de drenaje que mejore la permeabilidad y la aireación.
- 7). Establecer cuando sea posible cultivos que prosperen en suelos de escasa permeabilidad.

II). pH :

CONDICIONES DEL SUELO

Suelos ácidos
pH = 3 - 6

Suelos Alcalinos
pH = 7.9 - > 9

PRÁCTICAS DE MANEJO

- a). Cultivos adaptados (papa, café, trébol, té)
 - b). Realizar encalados.
 - c). Evitar sobreriegos.
-
- a). Cultivos adaptados (haba, lechuga, melón, alfalfa).
 - b). Efectuar lavados.
 - c). Instalar drenaje eficiente.

CARTA MUNDIAL DE LOS SUELOS

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION

PREFACIO

En los últimos años ha aumentado enormemente la demanda de la población humana de alimentos derivados de los recursos naturales que mantienen su existencia. La proyección de la FAO en "Agricultura: Horizonte 2000" revela que habrá que obtener un 50 por ciento más de alimentos para finales de este siglo para satisfacer apenas los actuales niveles nutricionales; sin embargo, serán necesarias disponibilidades adicionales para vencer el hambre y la malnutrición. No obstante, es limitada la capacidad de la tierra para producir alimentos. Los límites de la producción dependen de las condiciones edafológicas y climáticas y del tipo de explotación aplicado. Cualquier utilización excesiva de las tierras más allá de estos límites trae como consecuencia la disminución de la productividad.

Tanto en algunos países en desarrollo como en otros desarrollados, la degradación de la tierra se ha presentado como uno de los principales obstáculos para un ulterior desarrollo de la agricultura, tanto en términos de superficie como de mayores rendimientos por unidad de superficie. En algunos países en desarrollo esta pérdida de tierra registra un ritmo alarmante. Origina una disminución de los niveles de autosuficiencia y, por lo tanto, aumenta la dependencia de los suministros del exterior. Si no se adoptan medidas correctivas, para finales de este siglo se puede perder el 20 por ciento de la capacidad productiva de las tierras en los países en desarrollo.

El 21° periodo de sesiones de la Conferencia de la FAO, celebrada en noviembre de 1981, consciente de esta situación, adoptó la Carta Mundial de los Suelos. En la Carta se establecen una serie de principios para aprovechar al máximo las tierras del mundo, mejorar su productividad y conservarlas para futuras generaciones.

La Carta Mundial de los Suelos exige un compromiso por parte de los gobiernos, las Organizaciones Internacionales, y usuarios de las tierras en general, para explotar las tierras con vistas a obtener beneficios a largo plazo más bien que para lograr la conveniencia propia a corto plazo. Hay que prestar una especial atención a la necesidad de establecer políticas de aprovechamiento de tierras que ofrezcan incentivos a la población para que participe en las labores de conservación de suelos, teniendo en cuenta los elementos técnicos y socioeconómicos de un aprovechamiento eficaz de las tierras.

De conformidad con la Carta Mundial de los Suelos, la FAO lleva a cabo actualmente un activo programa de ordenación y conservación de suelos, incluidas aquellas actividades que son básicas para el fomento del máximo aprovechamiento de las tierras: inventarios de recursos de tierras, evaluación de los riesgos de degradación, evaluación de la capacidad de producción, mejora de la fertilidad del suelo, lucha contra la desertización, recuperación de tierras, planeación integrada de aprovechamiento de tierras, capacitación y creación de Instituciones. En la realización de su labor la FAO colabora estrechamente con Instituciones Nacionales, Organizaciones del Sistema de las

Naciones Unidas, el PNUD, el PNUMA, la UNESCO, la OMS, la OMM, que desde diferentes ángulos participan en el fomento del aprovechamiento efectivo de las tierras, y se ocupa con otras Organizaciones Internacionales de los Programas de Conservación.

Recomiendo la Carta Mundial de los Suelos a todos los encargados de tomar decisiones y usuarios de tierras como medio para asegurar una buena administración de los recursos terrestres del mundo, de los cuales depende la supervivencia de la Humanidad.

EDOUARD SAOUMA
Director General

CARTA MUNDIAL DE LOS SUELOS

LA CONFERENCIA,

Recordando la Resolución VI de la Conferencia Mundial de la Alimentación (Roma, 1974), por la que se instaba a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación a establecer la Carta Mundial de los Suelos como base para una cooperación internacional con miras a la utilización más racional de los recursos de tierras,

Dándose cuenta que los recursos de tierras son limitados y que solamente un pequeño porcentaje de las tierras contribuye actualmente a la alimentación de la población mundial que probablemente alcanzará los seis mil millones a fines de siglo,

Recordando además el Programa de Acción tal como fue adoptado por la Conferencia Mundial sobre Reforma Agraria y Desarrollo Rural (Roma, 1979), que pedía <una utilización eficaz de la tierra ... teniendo debidamente en cuenta el equilibrio ecológico y la protección del medio físico>, y el Plan de Acción de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desertización (Nairobi, 1977) para combatir la degradación y la desertización de las tierras,

Estando de acuerdo en que las necesidades alimentarias de la humanidad, entre ellas, la erradicación de la malnutrición, pueden satisfacerse mediante:

- la intensificación de la producción de los cultivos alimentarios, inclusive los cultivos múltiples, siempre que pueda realizarse de manera segura,
- el cultivo de nuevas tierras donde se reúnan las condiciones para una producción sostenida, con vistas a satisfacer las necesidades de la producción alimentaria,
- el establecimiento y la mejor utilización de pastizales y bosques.

Compartiendo la preocupación motivada por el riesgo de que empeoren los suelos como consecuencia de una incorrecta intensificación de la producción agrícola, especialmente en las zonas expuestas a la erosión por efecto de las aguas y el viento, o la salinidad y la alcalinidad,

Tomando nota de las investigaciones realizadas por la FAO en colaboración con la UNESCO, el PNUMA, la OMM y otras organizaciones internacionales competentes, y previa consulta con los gobiernos interesados, con visa a evaluar el potencial de las tierras que pueden ser todavía cultivadas, sin perder de vista la necesidad de proteger la cubierta vegetal permanente de las cuencas de captación y de las necesidades de tierras para la silvicultura, el pastoreo y otros aprovechamientos, con particular referencia a los riesgos de degradación irreversible de los suelos así como la magnitud de los costos y los insumos requeridos.

Reconociendo que han de lograrse progresos definitivos en la intensificación de la ayuda destinada al mejoramiento de la productividad y la conservación de los suelos mediante la adopción y puesta en práctica a nivel nacional e internacional de principios y directrices apropiadas para la acción,

Habiendo tomado nota de las conclusiones y recomendaciones adoptadas por el Comité de Agricultura en su sexto período de sesiones y por el Consejo en su 79º período de sesiones,

1. Por la presente adopta la Carta Mundial de los Suelos,
2. Recomienda a las Naciones Unidas y organizaciones internacionales interesadas que en el marco de sus respectivas esferas de competencia hagan efectivos los principios y directrices expuestos a continuación.

PRINCIPIOS

1. Entre los principales recursos de que dispone el hombre están los sistemas de tierras y aguas, así como el reino vegetal y el animal asociados con ellos: el uso de estos recursos no debería provocar su degradación o destrucción, porque la existencia del hombre depende de su constante productividad.
2. Reconociendo la suprema importancia de los suelos para la supervivencia y el bienestar de los pueblos y la independencia económica de los países, así como la necesidad cada vez mayor de aumentar la producción alimentaria, es absolutamente necesario dar gran prioridad al fomento de un uso óptimo de las tierras, al mantenimiento y al mejoramiento de la productividad de los suelos y a la conservación de los recursos edafológicos.

3. Por degradación de los suelos se entiende la pérdida parcial o total de la productividad de los mismos, cuantitativa o cualitativamente, o en ambas formas, como consecuencia de procesos tales como la erosión hidráulica-eólica de los suelos, la salinización, el anegamiento, el agotamiento de los nutrientes de las plantas, el deterioro de la estructura de los suelos, la desertización y la contaminación. Además, se pierden diariamente importantes extensiones de suelos, al destinarlos a usos no agrícolas. Este estado de cosas es alarmante si se considera a la luz de la urgente necesidad de incrementar la producción alimentaria de fibras y de madera.

4. La degradación de los suelos repercute directamente en la agricultura, al disminuir los rendimientos de los cultivos y los recursos hídricos, pero también se ven gravemente afectados otros sectores de la economía y el medio ambiente en su conjunto, entre ellos la industria y el comercio, debido a factores como las inundaciones, o la acumulación de sedimentos en los ríos, las presas y los puertos.

5. Una de las principales responsabilidades de los gobiernos, a nivel nacional, es que, en sus esfuerzos por la producción agrícola y en otras actividades económicas, incorporen medidas para el mejor uso posible de los suelos, para el mantenimiento y mejoramiento a largo plazo de su productividad, evitando al mismo tiempo que se pierdan suelos productivos. En este empeño deberían participar las organizaciones no gubernamentales y los usuarios de las tierras, para asegurar que se utilicen todos los recursos disponibles del modo más racional posible.

6. La concesión de incentivos apropiados para la agricultura y un marco técnico institucional y jurídico idóneo son condiciones básicas para lograr un buen aprovechamiento de las tierras.

7. La ayuda que se preste a los agricultores y otros usuarios deberá estar orientada hacia los servicios prácticos y deberá estimular la adopción de medidas para lograr una buena explotación de las tierras.

8. Ciertas estructuras de tenencia de tierras pueden constituir un obstáculo para la adopción de medidas válidas de ordenación y conservación de suelos en las explotaciones agrícolas. Habrá que buscar modos y medios para superar dichos obstáculos respetando los derechos, las obligaciones y las responsabilidades de los propietarios, los arrendatarios y los que explotan las tierras, de conformidad con las recomendaciones de

la Conferencia Mundial sobre Reforma Agraria y Desarrollo Rural (Roma, 1979) .

9. Debería mantenerse bien informados a los que explotan las tierras y al público en general sobre la necesidad y los medios de mejorar la productividad y la conservación de los suelos. Debería hacerse especial hincapié en la instrucción y programas de extensión y capacitación del personal agrícola a todos los niveles.

10. Con el fin de lograr una utilización óptima de las tierras, es importante evaluar los recursos de tierras de los países en función de su idoneidad a diferentes niveles de insumos para distintos tipos de aprovechamiento de tierras, incluida la agricultura, el pastoreo y la silvicultura.

11. Las tierras que tengan varios aprovechamientos deberán explotarse de manera flexible, para no descartar así durante largo tiempo o para siempre, futuras opciones a otros posibles usos. El aprovechamiento de las tierras para fines no agrícolas debería organizarse de modo que se evite, en la mayor medida posible, la ocupación o la degradación permanentes de los suelos de buena calidad.

12. Las decisiones sobre el uso y la ordenación de las tierras y de sus recursos deberían favorecer el beneficio a largo plazo más bien que las conveniencias a corto plazo, que pueden dar lugar a la explotación, la degradación y la posible destrucción de los recursos de los suelos.

13. Las medidas de conservación de las tierras deben incluirse en la fase de planeación correspondiente al desarrollo de las tierras y los costos deben estar comprendidos en los presupuestos de planificación del desarrollo.

DIRECTRICES PRACTICAS

La aceptación de estos principios requeriría que se adoptaran las medidas siguientes:

Por parte de los Gobiernos

- i. Elaborar una política para una apropiada utilización de las tierras según la

adecuación de las mismas a los diferentes tipos de utilización y las necesidades del país.

- ii. Incorporar principios de aprovechamiento y ordenación racionales de las tierras la conservación de los recursos del suelo en la pertinente legislación sobre recursos.
- iii. Crear un marco institucional para seguir de cerca y supervisar la ordenación y conservación de los suelos, y para coordinar las actividades de las organizaciones que participan en el aprovechamiento de los recursos de tierras de los países con miras a lograr la opción más racional entre las alternativas posibles.
- iv. Evaluar las nuevas tierras y las ya explotadas respecto a su conveniencia para distintos usos y evaluar asimismo los posibles riesgos de degradación. Presentar a los que toman decisiones otros posibles usos de las tierras que satisfagan las aspiraciones de las comunidades y aprovechar la tierra de acuerdo con sus posibilidades.
- v. Ejecutar programas de enseñanza, capacitación y extensión a todos los niveles en materia de ordenación y conservación de suelos.
- vi. Difundir lo más ampliamente posible la información y los conocimientos referentes a la erosión de suelos y métodos para controlarla en las explotaciones agrícolas y las cuencas hidrográficas haciendo hincapié en la importancia de los recursos del suelo para beneficio de la población y el desarrollo.
- vii. Establecer vínculos entre las administraciones locales y los que explotan las tierras para la puesta en práctica de políticas de suelos y hacer hincapié en la necesidad de poner en práctica técnicas comprobadas de conservación de suelos, y de integrar medidas adecuadas de silvicultura y agricultura para la protección del medio ambiente.
- viii. Procurar establecer condiciones socioeconómicas e institucionales favorables a la ordenación y la conservación racional de los recursos de las tierras. Estas condiciones comprenderán el proporcionar seguridad a la tenencia de tierras y suficientes incentivos financieros (por ejemplo subvenciones, desgravación fiscal, créditos) a los usuarios de las tierras. Estimular sobre todo a los grupos que

deseen trabajar de manera cooperativa y con su gobierno para lograr la apropiada utilización de las tierras, la conservación y el mejoramiento de suelos.

- ix. Realizar programas de investigación que proporcionen un válido apoyo científico a las labores prácticas de mejoramiento y conservación de los suelos sobre el terreno, y presten la debida consideración a las condiciones socioeconómicas vigentes.

Por parte de los organismos internacionales

- i. Seguir intensificando los esfuerzos para despertar la conciencia y fomentar la cooperación entre todos los sectores de la comunidad internacional, ayudando a organizar, donde sea necesario, campañas de publicidad, seminarios y conferencias y facilitar publicaciones técnicas apropiadas.
- ii. Ayudar a los gobiernos, especialmente de los países en desarrollo, a petición de éstos, a establecer la legislación, las instituciones y los procedimientos adecuados para hacer posible que puedan iniciar, ejecutar y seguir de cerca los programas de aprovechamiento adecuado de las tierras y conservación de los suelos.
- iii. Fomentar la cooperación entre los gobiernos para adoptar métodos válidos de utilización de tierras, especialmente en las grandes cuencas hidrográficas internacionales.
- iv. Prestar especial atención a las necesidades de los proyectos de desarrollo agrícola que incluyan como elementos importantes la conservación y el mejoramiento de los recursos de los suelos, la facilitación de insumos e incentivos a nivel de explotaciones agrícolas y de las cuencas hidrográficas, y el establecimiento de las estructuras institucionales necesarias.
- v. Respaldar programas de investigación pertinentes a la conservación de suelos, no sólo los de carácter técnico, sino investigar también sobre los problemas sociales y económicos que están vinculados con las cuestiones relativas a la conservación de los suelos y ordenación de los recursos de tierras.
- vi. Velar por el acopio, recopilación y difusión de la experiencia y la información relacionadas con los programas de conservación de suelos y los resultados

obtenidos en las diferentes regiones agroecológicas del mundo.

POSIBILIDADES PARA ADOPTAR MEDIDAS COMPLEMENTARIAS

En las directrices para tomar medidas contenidas en la Carta Mundial de los Suelos se pide la adopción de acciones complementarias en diferentes sectores del desarrollo y conservación de tierras:

Evaluación de las tierras y la planeación de su aprovechamiento

- estudios de suelos y evaluación de tierras
- evaluación de la degradación y desertización de los suelos
- evaluación del potencial de utilización de las tierras de acuerdo con el sistema agroecológico
- evaluación de las capacidades para mantener a la población
- planeación del aprovechamiento óptimo de las tierras
- capacitación en los sectores de trabajo antes citados

Ordenación de suelos y fertilizantes

- mantener y mejorar la fertilidad del suelo
- promover el uso eficaz de fertilizantes
- fomentar el uso de abonos orgánicos, biogas y métodos de fijación de nitrógeno
- evaluación y eliminación de las deficiencias de micronutrientes
- ensayos de suelos y plantas
- promoción de sistemas integrados de nutrición vegetal
- mejoramiento de los métodos de labranza

- mejoramiento de la producción en las zonas de cultivos migratorios
- capacitación en los sectores de trabajo antes citado

Conservación y recuperación de tierras

- conservación de suelos y ordenación de cuencas hidrográficas
- legislación y políticas de conservación de suelos
- recuperación de tierras salinas y alcalinas
- lucha contra la desertización
- creación de servicios de conservación de suelos
- capacitación en los sectores antes mencionados .