

2949.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y FOMENTO

CID UAAAN

T09352



150

14514

ING. LORENZO MARTINEZ MEDINA

EL DIRECTOR DE LA ESCUELA

ING. OSCAR SUAREZ DEL VALLE

EL SECRETARIO DE LA ESCUELA

ING. PEDRO RINCONA BUSTILLO

EL PRESIDENTE DEL JURADO

Aprobado:

Título de Ingeniero Agrónomo

como requisito parcial para obtener el

Título Somatida a la Consideración del Jurado

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y FOMENTO

POR

MIYA

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y FOMENTO

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y FOMENTO

FECHA DE AGRICULTURA	1952
NUM. DE INVENTARIO	3
PROCESANCIA	UAAAN
NUM. DE CLASIFICACION	603
PRECIO	11000
QUANT.	2.2

25633

BIBLIOTECA



ANTONIO NARANJO

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y FOMENTO

	Page.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.	iii
INTRODUCCION	1
LA EROSION	4
Agentes que Originan la Erosión	7
Factores que Afectan la Intensidad de la Ero sión	8
Erosión Vertical y Erosión Lateral	16
Erosión Laminar y Erosión Acanalada	19
La Erosión Acelerada por el Hombre	23
EFFECTOS DE LA EROSION	28
CONTROL DE LA EROSION	30
Cultivos en Contorno	42
Cultivos en Fajas	44
Rotación de Cultivos	47
Terrazas	49
CONCLUSIONES	58
BIBLIOGRAFIA	61

DEDICO ESTE TRABAJO

A MIS QUERIDOS PADRES,

SRES. LEOVIGILDO MENDOZA

Y DOMINGA MEDINA DE MENDOZA.

AGRADECIMIENTO.

Hago patente mi agradecimiento más sincero a los Sres. Ings. Pedro Pacheco Badillo y Demetrio Siller y Siller, por las valiosas sugerencias que me brindaron desinteresadamente para la mejor orientación y confección de este trabajo.

INTRODUCCION.

Uno de los problemas más graves que aquejan a nuestra Patria y en general a todo el mundo es, sin duda, la paulatina pérdida de la principal fuente de riqueza y medio esencial para la subsistencia del hombre y de todos los seres vivientes. Este medio lo constituye la tierra agrícola, ya que de ella se obtienen alimentos, vestuario, habitación, y todo aquello que contribuye al progreso de los pueblos.

Cuando esta tierra comienza a ser arrastrada por las corrientes fluviales o por la acción del viento hacia los mares o hacia otros lugares, principian a disminuir en las zonas afectadas los medios básicos de la vida, haciendo más difícil la existencia de sus habitantes, obligándolos a ir en busca de nuevas tierras o medios para subsistir. De aquí nacen las emigraciones de los pueblos hacia regiones vírgenes, las cuales vienen a quedar con el tiempo en las mismas condiciones de las tierras de donde provienen los emigrantes, a causa de los métodos irracionales de cultivo a que éstos las someten, y por el abuso que hacen de la bondad de la tierra. Tales fenómenos se han registrado en algunas regiones del mundo, en las que la acción de la mano del hombre ha roto el equilibrio de las fuerzas naturales.

En nuestro país pueden citarse entre las zonas más afectadas por este concepto los Estados de Aguascalientes, Zacatecas y Tlaxcala, aunque es posible asegurar que en todos -

los Estados de la República existen grandes porciones de suelos inutilizados por la erosión, principalmente en aquellos en que la precipitación pluvial es elevada, y en las secciones geográficas donde las lluvias son escasas pero de tipo terrenal. La Dirección de Conservación del Suelo y Agua ha incluido en sus programas el estudio y localización de las áreas destruidas, recurriendo al levantamiento de planes de conservación, los cuales formarán, al quedar terminados, un inventario completo de la situación actual de los suelos erosionados de México.

La acción destructora del hombre en este aspecto es muy visible ya que comúnmente no se siguen sistemas adecuados de explotación del suelo que eviten el arrojamiento de la capa agrícola del mismo y de los elementos nutritivos que necesitan las plantas para su desarrollo y fructificación.

Este problema reviste en México características particularmente serias porque muchas de nuestras tierras son de perfiles superficiales; porque las lluvias en general son escasas; porque muchos de los cultivos están enfermos o plagados; porque gran cantidad de las semillas son pobres y deficientemente seleccionadas, y sobre todo por la insuficiente preparación cultural de los pequeños agricultores y ejidatarios.

Numerosos autores han analizado este problema y se ha llegado a la conclusión de que es una obligación de todos

Los mexicanos, desde el agricultor más humilde hasta el banquero más encumbrado, cooperar a la resolución de este problema, en la seguridad de que mientras esto no se haga seguiremos acercándonos más y más a la miseria, hasta llegar al momento de sucumbir como nación, por falta de productos alimenticios.

Este trabajo es el resultado de mi experiencia en el campo, la que ayudada por la literatura disponible, le da un carácter sencillo y comprensivo.

LA EROSION.

Se puede definir la erosión como la erosión de la parte superficial del suelo por la acción del agua y del viento.

El hombre ha derrochado los dones de la naturaleza puestos a su disposición. Millares de hectáreas han sido arruinadas por la erosión, o seriamente perjudicadas, encontrándose dentro de ellas tierras de cultivo, pastizales y bosques. Lo anterior es desastroso para la economía del país porque las tierras productivas son el recurso básico que -- constituirá la herencia y patrimonio de las futuras generaciones. Las tierras que más seriamente han sufrido son las sometidas al cultivo, de las cuales se obtiene la producción de alimentos y vestido, pues como se ha dicho muchos millares de hectáreas que una vez fueron fértiles son en la actualidad estériles.

Con las tierras que nos quedan actualmente puede sostenerse todavía el país, pero el nivel de vida será más bajo si se sigue perdiendo tierras agrícolas. Para comprender mejor la situación actual a este respecto veamos los resultados de la erosión en números redondos, según lo comenta el Ing. López Llanes (2). "Tomando en consideración que nacen cada día aproximadamente 57,000 seres humanos, según observaciones de Aldous Huxley, (Publicación periodística del 10 de diciembre de 1948), y que en ese tiempo la erosión arrebató el mismo número de acres de tierra productiva y muchas

toneladas de minerales irrecapitables, se ha agudizado con la crisis política, industrial y financiera. Sólo el 11 por ciento de las tierras del mundo puede usarse para la producción de alimentos, o sea que solamente pueden explotarse unos 1,620 millones de hectáreas. La población mundial es de 2,000 millones de habitantes y sigue aumentando, a pesar de todo, a razón de 200 millones por década. Si dividimos la superficie total susceptible de producción de alimentos, entre la cantidad que representa el total de la población se obtienen 0.81 hectáreas, o sea poco menos de una hectárea, aproximadamente, para cada nuevo huésped. Originalmente esta hectárea tenía de 17 a 18 centímetros de suelo (espesor promedio), y ésta era toda la barrera que separaba y separa todavía al hombre del hambre. Chamberlin observó que el proceso pedagógico es muy lento además de complejo, si se le compara con la duración de la vida humana, pues se requieren aproximadamente 10,000 años para formar un suelo de 30 centímetros de espesor. En México, según observaciones del Dr. Osorio Tafall, de la Academia Nacional de Ciencias, la situación irá agravándose fatalmente, no sólo por el persistente incremento de su población, por el deterioro experimentado por sus tierras y por la disminución progresiva de los recursos procedentes del suelo, sino porque aún en el mejor de los casos la superficie cultivable no basta para cubrir las exigencias del pueblo. Según datos de los nutriólogos se ha elevado a la categoría de principio, definitivamente establecido, el hecho de que se necesita poco más de

una hectárea por individuo para que una población humana se considere adecuadamente alimentada.

Con una extensión superficial de 196,500,000 hectáreas, - la República Mexicana sólo cuenta con 14,617,769 hectáreas de labor, es decir, sólo el 7 por ciento de la superficie total; y de las cuales, según los datos del Censo de 1930 - no se cultivan más que 7,265,560 hectáreas o sea el 3.7 por ciento, lo que representa para una población de 19,700,000, según el Censo de 1940, la insignificante cifra de 0.36 hectáreas por habitante. Suponiendo, en el mejor de los casos, que se pudieran abrir al cultivo 8,838,533 hectáreas susceptibles de aprovechamiento agrícola, no se lograría reunir - más de 16,104,093 hectáreas, correspondiendo a cada individuo 0.817 hectáreas. Esto representaría la mejor situación, en cierto modo ideal, pero de la que la realidad se halla - considerablemente alejada, pues de un lado hay unos 7 millones de hectáreas erosionadas, y por otro la población va en aumento, calculándose para el presente año más de 22 millones de habitantes. La superficie total del país ha sido clasificada recientemente de la manera siguiente:

Labor y laborable.	23,500,000	12%
Pastos en llanuras y lomas	66,500,000	34%
Pastos en cerril	30,000,000	15%
Superficie forestal.	45,000,000	23%
Superficie desértica no beneficiable para agricultura.	31,500,000	16%
Total	196,500,000	100% "

De lo que hagamos de esos veintitres y medio millones de hectáreas depende en gran parte el futuro de nuestro país".

Puede afirmarse que todas las tierras en cultivo están expuestas a los efectos de la erosión, por efecto de las prácticas agrícolas rudimentarias seguidas hasta la fecha.- Hay muchos agricultores que trabajan tierras pobres que deberían ser dedicadas a pastizales o zonas forestales ya que ocupándolas con cultivos comunes no compensan el esfuerzo económico y material que ocasionan, y en cambio contribuyen de manera inconsciente a la destrucción del suelo, o en distintas palabras, a la erosión, principalmente cuando se trata de cultivos de escarda.

Agentes que Originan la Erosión.

La erosión es un proceso que ha existido desde tiempo inmemorial en todos los suelos, y que ha desgastado y modelado a su antojo la superficie de la tierra dándole la configuración que presenta en la actualidad. Puede presentarse en dos tipos, normal y acelerada.

El tipo normal es un proceso continuo pero tan lento que se necesitan épocas enteras para cambiar las características principales de la corteza terrestre. Sin embargo, este proceso no es de gran importancia porque la misma cantidad de suelos que se forman es la de los que se erosionan. En cambio con la erosión acelerada se rompe, por la explotación irracional de la tierra por el hombre, el equilibrio de la

formación y pérdida del suelo, lo que quiere decir que la intervención del hombre hace que la cantidad de suelo perdido, sea mayor que la de suelo formado. Para que lo anterior se verifique debemos considerar otros factores que sumados a la acción desordenada del hombre forman el conjunto de elementos que originan y determinan la intensidad de la erosión de los suelos.

Factores que afectan la Intensidad de la Erosión.

Según datos al respecto (3) los factores que afectan la intensidad de la erosión son los siguientes: (1) Precipitación pluvial; (2) Latitud; (3) Pendiente; (4) Clase de suelo; (5) Plantas cultivadas; y (6) Vegetación.

1. Precipitación pluvial. Cuando esta se distribuye durante todo el año de manera uniforme la erosión es casi nula pero en general y especialmente en México las lluvias se presentan en forma torrencial. Entre el grado de erosión y el exceso de precipitación existe una relación muy aproximada sobre la capacidad absorbente de los suelos. Si la intensidad de la precipitación es alta, esto es, si la lluvia cae 5 o 10 veces más rápidamente que la que el suelo puede absorber, se produce un fuerte escurrimiento, resultando una severa erosión sobre la pendiente desnuda del terreno, independientemente de su posible poder de absorción.

Los suelos no sufren en general destrucción erosiva peligrosa por causa de las precipitaciones promedio; sin embar-

go, pueden destruirse totalmente después de tormentas intensas de duración corta, como las que ocurren por lo general, dentro de períodos determinados de tiempo. Tomando en consideración las precipitaciones de intensidad extraordinaria - que ocurren en intervalos de 5, 25, 50 y 100 años, se construyen diversas obras públicas, puertos, carreteras y canales de desagüe en las terrazas. La intensidad de estas precipitaciones puede ser de 15 centímetros en 24 horas, hasta 8 centímetros en 30 minutos. En el cálculo de canales para terrazas de drenaje se pueden tomar en consideración las -- precipitaciones máximas ocurridas en un período de 25 años. Para hacer este cálculo se recomienda consultar los mapas - de precipitación, de frecuencia y de intensidad, que ya se están elaborando.

El escurrimiento de las aguas varía con la precipitación total y con el tipo de precipitación, la clase de suelo, explotación, agricultura y topografía del área de que se trate. - En valles amplios de pendiente moderada corresponde a mayor precipitación una mayor pérdida por escurrimiento. Con una precipitación media igual a 125 centímetros el promedio de escurrimiento sería de 62 centímetros, o 50 por ciento. Con una precipitación de 100 centímetros el escurrimiento sería de 37 centímetros; y con una precipitación de 75 centímetros el escurrimiento sería de 20 centímetros o sea aproximadamente un 27 por ciento. Como se vé es muy notorio que - la lluvia de tipo torrencial produce erosión severa en re--

giones áridas. Estos suelos carecen de suficiente arcilla y materia orgánica para imprimirles estabilidad y escasean en ellos los árboles y arbustos por no haber capa vegetal que los proteja. Las gotas, al caer, producen un movimiento entre suelo y agua, formando una película densa que cierra a los espacios intersticiales, disminuyendo así, aun más, la capacidad de absorción del suelo.

2. Latitud. En lugares cercanos al Polo Norte los suelos permanecen cubiertos de nieve durante cuatro o cinco meses del año, por lo que se observa bien en ellos cierto grado de erosión debida a los deshielos rápidos arrastrando las corrientes porciones de suelo. En las regiones de latitud meridional el suelo permanece descubierto durante todo el año, y principalmente cuando ha sido utilizado con cultivos de surco abierto sufre pérdidas considerables de materiales sólidos durante el invierno, y además toda el agua que se recibe en forma de lluvia puede destruir el suelo por gravedad, mientras que en las latitudes septentrionales una gran parte del agua cae en forma de nieve. En ambos casos la existencia de una cubierta vegetal reduciría al mínimo la erosión.

3. Pendiente. La velocidad de la corriente aumenta con la pendiente, incrementando su capacidad para arrastrar materias sólidas. El tamaño de las partículas removidas varía desde los pequeños granos de arcilla que van en suspensión, hasta grandes rocas que ruedan por la pendiente, empujadas

De igual manera, una corriente rápida lleva mayor cantidad de material en suspensión que otra de velocidad lenta. Se considera que duplicando la velocidad superficial el peso del material transportado aumenta a la quinta potencia, es decir, que la velocidad duplicada es capaz de llevar 32 veces más material que la corriente de velocidad lenta.

Como ejemplo, si la velocidad es de 15, al cuadrado de su velocidad, al aumentar su poder erosivo, al cuadrado de su velocidad. Por ejemplo, si la velocidad inicial es de 15, duplicada será de 30, cuyo cuadrado nos dará 900, que es el poder erosivo de tal corriente. Si esta es de mayor velocidad, por ejemplo partiendo de mayor tamaño, y doblando la velocidad aumenta el tamaño de las partículas que puede erosionar, y partiendo de mayor tamaño, y doblando la velocidad, el tamaño de las partículas que puede erosionar, o sea que si una velocidad es de valor igual a 1 erosiona por zonas de 2 milímetros de diámetro, doblando la velocidad aumentará el tamaño a la sexta potencia o sea a 64 veces el tamaño original.

En el caso de las pendientes, la pendiente puede influir en forma de fricción según su longitud y según el grado de inclinación. La presencia de áreas planas en la parte superior de la pendiente, en pendientes moderadas, por ejemplo de 3 por ciento, el agua se desliza lentamente; en pendientes de 10 por ciento, con ruidos ligeros, y con mayor velocidad en pendientes fuertes, de 25 por ciento. Una corriente rápida erosiona los suelos con mayor velocidad que una corriente lenta, aumentando de su velocidad, al aumentar su poder erosivo, al cuadrado de su velocidad. Por ejemplo, si la velocidad inicial es de 15, duplicada será de 30, cuyo cuadrado nos dará 900, que es el poder erosivo de tal corriente. Si esta es de mayor velocidad, por ejemplo partiendo de mayor tamaño, y doblando la velocidad, el tamaño de las partículas que puede erosionar, y partiendo de mayor tamaño, y doblando la velocidad, el tamaño de las partículas que puede erosionar, o sea que si una velocidad es de valor igual a 1 erosiona por zonas de 2 milímetros de diámetro, doblando la velocidad aumentará el tamaño a la sexta potencia o sea a 64 veces el tamaño original.

4. Clase de Suelo. Las propiedades erosivas de los suelos varían de acuerdo con la rapidez con que el suelo absorbe el agua y con su capacidad para retenerla. Un suelo arenoso permite infiltraciones rápidas, habiendo escurrimientos escasos en las precipitaciones normales; tal suelo no sufrirá deslaves bajo condiciones normales de precipitación. Sin embargo, este tipo de suelo carece de material fino, necesario para darle cohesión y estabilidad, por lo que puede erosionarse en los períodos de sequías intensas; además, no retiene humedad suficiente para la producción de los cultivos.

En cambio los suelos de textura fina tienen poros intersticiales tan pequeños que el agua sólo se infiltra con demasiada lentitud. En realidad una gran parte de la lluvia, aún en el caso de precipitaciones normales, se pierde por escurrimiento en suelos de pendiente ligera o moderada. No obstante, tienen la ventaja de retener el agua para el cultivo, siendo los migajones limosos, los terrenos francos y los migajones de arena fina las texturas más deseables desde el punto de vista de la capacidad de absorción y retención del agua. Al controlar la erosión son deseables aquellos terrenos que contienen una mixtura de partículas de tamaño diferente; cuando son de partículas finas de tamaño uniforme, su fren el golpe de las gotas de la lluvia, que las pone en su pensión, haciendo fácil su arrastre. Los suelos con pendientes de 1 a 3 por ciento requieren manejo cuidadoso para evitar deslaves erosivos.

La abundancia de materia orgánica es de suma importancia en cualquier clase de terreno pues conserva la estructura granular de las arcillas, de los migajones limosos y de los migajones arcillosos. Si las partículas de estas texturas funcionan aisladamente los espacios entre ellas son tan pequeñas que el agua se infiltra muy lentamente. Este procedimiento en la conservación de la materia orgánica no es sino la restitución del poder absorbente y retentivo que los suelos poseían cuando yacían vírgenes bajo bosques y praderas.

Un terreno con superficie suelta, porosa, con un subsuelo abierto de textura media, posee una considerable capacidad retentiva para el agua y habrá absorción y retención suficientes para controlar la erosión. Si por el contrario el suelo es de horizontes superiores abiertos y porosos con un subsuelo duro y compacto, entonces se tendrá una capacidad de absorción inferior a la antes dicha.

5. Vegetación. Los efectos de una capa vegetal protectora del suelo pueden sintetizarse como sigue: 1o. Establecen una dispersión directa interceptando el golpe de la precipitación sobre el suelo. 2o. Grandes cantidades de humedad proceden del subsuelo a través de la transpiración de los tejidos de las plantas. 3o. El sistema radicular forma una superficie de suelo esponjoso que da a sus partículas estabilidad y cohesión. 4o. La penetración de las raíces profundas forman cavidades que aumentan el coeficiente de infiltración. 5o. La adición de materia orgánica, como ya se di-

jo, incrementa la capacidad absorbente y retentiva del suelo para el agua, haciéndola capaz de aportar una mayor producción vegetal. 6o. Disminuye la velocidad del escurrimiento por ser mayor la fricción superficial de la capa vegetal, favoreciendo el movimiento lateral del mismo. 7o. Se favorece la penetración del oxígeno para el normal funcionamiento de los microbios que son parte de la fertilidad. 8o. Aumenta la cantidad de coloides orgánicos cuya presencia es indispensable, si se desea un suelo con alta capacidad retentiva para las bases sustituibles.

Al hablar de la vegetación cabe citar el establecimiento de bosques en los terrenos carentes de vegetación, cuando estos no puedan ser protegidos en otra forma debido a la pronunciada de la pendiente. Este sistema tiene el doble propósito de preservar el suelo contra la erosión y producir ingresos, siguiendo un plan de rotación determinado. La reforestación en esta forma asegura la protección más eficaz

Los cultivos de surco o escarda son los que más nos interesan desde el punto de vista del control de la erosión, pues estos cultivos deterioran la fertilidad del suelo, no solamente por la gran cantidad de elementos nutritivos que de él extraen para su desarrollo, sino por la exposición del terreno en los surcos abiertos. Por otra parte los cultivos varían en su capacidad individual para disminuir las pérdidas del suelo y el grado de escurrimiento producido por las lluvias. Lo anterior sugiere llevar a cabo trabajos de experimentación utilizando pastos y forrajes, como trebol rojo, trebol sueco, trebol dulce, lespedexas y alfalfa, que pueden tener un valor diferente en los trabajos de conservación en distintas regiones de la República. Así el maíz y el trigo sembrados en dirección perpendicular a la pendiente son más efectivos para disminuir las pérdidas por escurrimiento que para reducir las pérdidas del suelo. Por otra parte el zacate Sudán y el sorgo sembrados en la dirección de la pendiente, producen, según experimentos hechos al respecto, pérdidas de suelo y aumentan considerablemente el escurrimiento, contribuyendo a aumentar en forma directa las pérdidas producidas por la erosión.

La longitud de la pendiente es de vital importancia, sobre todo en los terrenos de cultivo. Si el grado de precipitación excede a la capacidad de absorción del suelo, la acumulación de agua en la base de la pendiente originará series problemas, siendo difíciles de controlar las pendien

tes de longitud considerable. Algunas veces la parte superior de estas pendientes está formada por una superficie horizontal que, cuando no absorbe el agua total caída en precipitaciones intensas, origina un escurrimiento que se agrega al ya existente, sobre terrenos de pendiente que están en las partes laterales, haciendo más difícil su control.--

(3).

Erosión Vertical y Lateral.

La erosión, según se dijo, consiste en el desgaste de la capa superficial del suelo, que es en la que descansa la vida en todas sus formas, desde los simples organismos unicelulares hasta los seres organizados más complejos. Tal decadencia del suelo es originada en gran parte por las prácticas humanas que van en contra de las leyes que la Naturaleza ha establecido para la conservación de sus recursos. La erosión producida por el agua puede dividirse en dos clases que son la vertical y la lateral. Consiste la primera en la lixiviación, hacia las capas profundas, de los elementos tomados por las plantas para su nutrición; es muy intensa en las regiones demasiado húmedas. La erosión lateral es la que dá lugar al arrastre de las partículas finas del suelo, arrastre que depende del escurrimiento de las aguas que corren sobre la superficie cuando no hay infiltración normal, e la remoción ocasionada por remolinos y telvaneras en regiones semi-desérticas.

Simplificando los resultados inmediatos de la erosión - por el agua puede hacerse la siguiente clasificación: 1. Destrucción de la cubierta vegetal; 2. Pérdida de la fertilidad; 3. Deterioro del suelo por sistemas inadecuados de cultivo.

1. Destrucción de la cubierta vegetal. El agua de lluvia al caer sobre terrenos cubiertos de vegetación, se descompone en pequeñas gotas al chocar con las ramas y hojas de las plantas. Parte de esta agua se queda en el follaje, parte se pierde por evaporación, y el resto, que es casi la totalidad, se infiltra a través de los poros del suelo. Los residuos vegetales que se acumulan bajo las plantas ayudan a un mejor aprovechamiento del agua actuando como pequeñas represas y obstaculizando el escurrimiento rápido del agua, - dándole más tiempo al suelo para absorberla. Por su parte - las raíces de los vegetales forman una red que hace al suelo más compacto y más capaz de resistir mejor la acción erosiva del agua, mientras que el humus, producto de la descomposición de la materia orgánica, desempeña el papel de una gran esponja que almacena grandes cantidades de agua ya que puede retener una cantidad de ésta igual a quinientas veces su peso, aproximadamente. En ausencia de esa infiltración - normal, sobre el follaje vegetativo, las corrientes freáticas disminuyen sus caudales, originando pérdidas parciales, o totales, de los depósitos de agua.

Vemos ahora lo que sucede cuando cae la lluvia sobre un terreno despojado de su capa protectora de vegetación y que ha sido pulverizado por las operaciones preparatorias para el cultivo. Las gotas, al caer, levantan el polvo, y éste al depositarse de nuevo obstruye los poros e impide la infiltración del agua. El mismo fenómeno ocurre aunque en menor grado en un terreno que no ha sido pulverizado. Al secarse estos suelos se forma en su superficie una corteza más o menos impermeable a las siguientes precipitaciones pluviales. La consecuencia de esa formación impermeable es que el agua, que en condiciones más favorables hubiera sido absorbida y almacenada en el subsuelo para ser aprovechada más tarde por las plantas en los periodos largos de sequía, se escurre por los declives, y cuanto más larga y pronunciada sea la pendiente tanto mayor será el escurrimiento. Por otra parte cuanto mayor sea la velocidad tanto mayor será la acción provocada.

El sobre-pastoreo, la tala immoderada de los bosques, la invasión de plagas y enfermedades y las sequías prolongadas, son otros factores, también importantes, que aceleran el estancamiento de la vegetación.

2. Pérdida de la fertilidad. En la evolución natural las plantas son devueltas al suelo cuando mueren, reponiéndose de esta manera una parte de los elementos que duran-

campos de cultivo, dado que se destruye el ciclo normal entre la planta y los elementos nutritivos del suelo. Las cosechas sucesivas toman del suelo, año por año, los elementos nutritivos que necesitan para su desarrollo, lo que determina a través del tiempo un agotamiento gradual de las tierras y por ende de su productividad. Esta pérdida es mayor cuando gran parte de la producción vegetal se dedica al sustento del ganado, el que se vende en centros de consumo distantes, perdiéndose grandes cantidades de fósforo que nunca es restituido al terreno. Esto se agrava más si fuera posible cuantificar las toneladas de nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, azufre y potasio que año tras año pierde el suelo en las partículas finas arrastradas por la erosión.

La erosión vertical es más acentuada en los suelos de texturas ligeras, los que, por su excesiva permeabilidad, permiten una percolación anormal de los elementos nutritivos, muy especialmente de calcio, magnesio, potasio y otros elementos nutritivos que son extremadamente solubles y que son arrastrados a horizontes más profundos. Los sistemas inadecuados de cultivo se refieren a la falta de sistemas de rotación y al hecho de quedar los suelos descubiertos durante los períodos en que la erosión hídrica o eólica destruyen el suelo.

Erosión Laminar y Erosión Acumulada.

La erosión lateral causada por el agua puede presentarse bajo dos aspectos, en forma laminar y en forma acumulada.

hasta después de muchos años, que es cuando comienza a observarse el cambio de la naturaleza del suelo y la pérdida de su potencia productiva, debido a que el suelo pierde la parte más rica de sus horizontes. La remoción del suelo en las partes donde se concentra el agua, dá lugar a la formación de zanjas o pequeños arroyos, de profundidad variable de acuerdo con la clase y pendiente del terreno. A esta clase de erosión se le dá el nombre de ocasional o ganjenda y es de importancia porque es el principio de la formación de grandes torrenteras.

De menos importancia es la erosión provocada por el viento, erosión eólica, al igual que la producida por el agua; hace sus estragos más serios en las regiones desprovistas de vegetación y es peculiar en las tierras áridas y semi sérticas, y a lo largo de las riberas de los mares, lagos, y ríos, así como en los terrenos arenosos sometidos al cultivo. En estos sitios la formación de dunas es frecuente y la falta de vegetación permite que cambien de posición y de lugar con el viento. Así es como se producen las dunas migratorias las que constituyen un serio peligro pues han llegado a causar la desaparición de grandes extensiones de

semidesérticas. En la parte central de los Estados Unidos, por ejemplo, han sido muy intensos en los últimos años los efectos de la erosión eólica y las tormentas de polvo. En algunas partes de los grandes llanos de ese país se hallan amenazadas por este tipo de erosión millares de kilómetros cuadrados de tierras en las que se produce excelente trigo cuando los años son favorables, pero que sufren grandes daños por la erosión eólica en los periodos de sequía; el viento en esos lugares invade los cultivos, destruye cercos y canales, asolva las presas e inutiliza por completo áreas agrícolas importantes. (1).

La protección contra la erosión eólica y contra los daños causados por las dunas movedizas se logra mediante reforestaciones o praderas artificiales.

Una vez que la arena se ha acumulado en forma de dunas, debe evitarse su movilización por los medios posibles, con el fin de dar tiempo a las pequeñas plantas para fijarse bien en el suelo. En algunos casos hay necesidad de clavar estacas o amontonar residuos vegetales, para estabilizar todo el material suelto que pueda perjudicar a la vegetación naciente.

El empleo de pastos adecuados y de otras plantas resis-

con estacas, más o menos de la altura de los postes para -
cerreas, o bien de ruzas, haciendo que la arena se asentone
al pie de estas barreras y no sea arrastrada a los terrenos
de cultivo adyacentes. Por último la erosión cólica reduce
el valor de las tierras en que actúa y si el material que
arrastra es arena perjudica generalmente a los terrenos don
de se deposita.

LA EROSION ACCELERADA POR EL HOMBRE.

Como ya quedó asentado anteriormente el hombre ha roto el equilibrio universal entre las cosas naturales que rigen al suelo y el agua, muy especialmente por medio de métodos inadecuados en las explotaciones agrícolas, pecuarias y forestales. La situación se ha agravado tan seriamente que la prosperidad ha sufrido tal descalabro que en muchas regiones existe el peligro de que desaparezca gradualmente. Hasta la fecha se ha logrado sostener en el mundo un standard de vida más o menos aceptable pero todo ello a costa de los recursos naturales que ya están en decadencia. Es muy probable que nunca fuera esa la intención de las personas responsables quienes creían que sus sistemas de cultivo eran ventajosos, en primer lugar para ellos y en segundo lugar para su país. Pero no se percataron en casos semejantes que lo que es provechoso para el individuo y aún para la sociedad, en el momento actual, puede ser desastroso en el futuro para la colectividad y aún para el propio individuo, sobre todo cuando la generalidad incurra en el mismo error. Una compañía maderera, por ejemplo, puede talar los bosques en pequeñas áreas, con provecho para ella y sin romper el equilibrio natural; en cambio, cuando esa práctica se generaliza se perturba el equilibrio en tal forma que puede provocarse la destrucción total de los recursos naturales, en los cuales se basa la prosperidad de los pueblos.

Ya anteriormente se indicaron los medios que la naturaleza a través de los siglos empleó para la mejor absorción y conservación de las aguas pluviales. Conforme con lo indicado por Person (4) las hierbas, arbustos, troncos en descomposición, ramas, hojas, piedras y guijarros, eran barreras retardativas, para las pérdidas de suelo por escurrimientos excesivos. Las raíces de los vegetales mantenían al suelo impermeable y poroso y el mantillo le daba condiciones favorables de absorción. En las tierras bajas y planas existían pantanos, ciénegas y tierras húmedas; las depresiones convertíanse en estanques y lagos, y por lo tanto se encontraban grandes cantidades de aguas freáticas en las capas profundas. En resumen todos estos factores retardaban el movimiento de las aguas hacia el mar, se mantenían por más tiempo las inundaciones y en las épocas de escasa precipitación conservaban los ríos sus caudales normales. Afunde el mencionado autor que los primeros colonos de los Estados Unidos al llegar a las regiones vírgenes seleccionaban los terrenos fértiles en que era más fácil el desmonte y los sometan

del arado y de otros implementos, contribuyendo a la destrucción de la riqueza forestal, primero, y luego a la del suelo con todos sus elementos. Las necesidades inmediatas de estos individuos consistían en el desmonte y abrir sistemas de drenaje en los terrenos muy húmedos o pantanosos.

En aquellos tiempos la madera era un producto muy solicitada por lo que fuertes compañías emprendieron la tala immoderada de los bosques; y fué así como estos factores adversos vinieron a alterar el equilibrio natural que rige a los suelos y al agua; tala de los bosques, retorción de las praderas naturales y drenamiento de pantanos y lagunas. Una vez que las tierras fueron seleccionadas para el cultivo empezaron los métodos inadecuados para su explotación, tales como el monocultivo, que es agotante, pues bien sabido es que cada cultivo tiene necesidades específicas de determinados elementos; luego, en los terrenos inclinados, la labranza en el sentido de la pendiente, práctica muy común que ayudó en grado máximo a la erosión y la cual aún se practica con frecuencia en nuestros campos. Después de un aguacero la tierra removida por el arado es arrastrada en grandes cantidades y cada surco sirve como desagüe, dando lugar así a la erosión acumulada. Si después de

1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2050
2051
2052
2053
2054
2055
2056
2057
2058
2059
2060
2061
2062
2063
2064
2065
2066
2067
2068
2069
2070
2071
2072
2073
2074
2075
2076
2077
2078
2079
2080
2081
2082
2083
2084
2085
2086
2087
2088
2089
2090
2091
2092
2093
2094
2095
2096
2097
2098
2099
2100

bién dañoso pues acaba con la proteccion
truye hasta las raices. La falta de es
abonos verdes, rotación de cultivos, e
el no usar insecticidas y fungicidas,
caracteres adversos de suelo y clima d
tuación económica de los pequeños agri

Así es como el hombre, en términos
con los sistemas inadecuados de explot
de los suelos agrícolas.

Como consecuencia del agotamiento de la tierra la erosión afecta desde luego al campesino puesto que los suelos son la base de su alimentación, vestuario y satisfacción de otras necesidades de la vida. Cuando los suelos son fértiles es natural que con el mínimo de esfuerzo se obtengan abundantes cosechas; en cambio, si una tierra está agotada por la erosión contribuirá a la miseria y la ruina de sus moradores ya que no compensará los esfuerzos y sacrificios que se hagan para hacerla producir. Las raquísimas cosechas que de ella se obtienen no bastarán para cubrir las necesidades más inmediatas del agricultor; las condiciones de vida de éste serán de castradas y su situación se agravará en el transcurso de los años. En nuestro medio campesino, se observa en efecto y con frecuencia esta triste verdad. La gente aparece demutrida y mal vestida; sus casas son sólo miserables jacales; carecen de lo más indispensable para la vida y los campesinos acaban por abandonar la tierra concentrándose en las ciudades. Ahora véase cómo afecta esta situación a las grandes ciudades que son los centros de consumo e industrialización de todos los productos del campo, poniendo como ejemplo el caso de un solo cultivo, el del trigo, cuya industrialización, como se sabe, se lleva a cabo en las ciudades. Los molinos en-

bricas elaboran pastas y galletas, etc., conectándose todas estas industrias con las fábricas que producen las maquinarias que aquellas usan. Hay pues una gran diversidad de actividades relacionadas con un solo cultivo, y estas serán mayores cuanto más abundantes sean las cosechas de éste. Para todas estas actividades se requiere una multitud de intermediarios: comerciantes, fabricantes, obreros, estibadores, etc., todos ellos pertenecientes a diferentes clases sociales. Imaginemos por un momento el perjuicio que ocasiona la escasez de este producto: millares de obreros desocupados, fábricas en quiebra, comerciantes en bancarrota, elevación de los precios, y un estado general de malestar y encañez, pues si consideramos el problema de una manera más realística se ve que la erosión de la tierra provoca no sólo

de los planes de clasificación de conservación; 3. Planos de clasificación de las tierras de acuerdo con su aptitud agrícola y necesidades de conservación; 4. Diseños sencillos de plantación de una explotación agrícola.

1. Los planes de conservación ya se han elaborado en algunas regiones del país donde existen Distritos de Conservación. Estos levantamientos, muy sencillos por cierto y fáciles de obtener, son de gran importancia para la conservación de nuestras tierras ya que contienen una descripción completa respecto al porcentaje de suelo erosionado, de la pendiente, de la naturaleza del suelo y el uso actual de la tierra; datos sin los cuales no podrían aconsejarse medidas de protección para los suelos en estudio.

pan en seis clases diferentes, desde los suelos de primera y segunda clase, ideales para la explotación de cultivos, hasta los de séptima y octava clase, que por su excesiva pedregosidad, pedregosidad, superficialidad del manantial freático, horizontes erosionados o por excesiva alcalinidad, etc., no son susceptibles de explotación agrícola o lo son sólo para plantas especiales. Como puede apreciarse en las características que distinguen una clase de suelo de otra esta agrupación de suelos es fundamental cuando se plantea una explotación racional del suelo. Los factores que determinan las clases de tierras, según esta carta, son las siguientes: (3).

I Clase. Sin necesidad de prácticas especiales. Esta clase de suelos deben reunir las mejores condiciones para el cultivo, esto es, que se trate de terrenos planos, bien drenados, natural o artificialmente; con erosión casi nula; libres de inundaciones, sin piedra o afloramientos de rocas y con manantial freático profundo; en una palabra, tierras aptas para todos los cultivos regionales que puedan dar rendimientos medios y sostenidos, y que puedan ser cultivados sin peligro de pérdidas y en forma permanente, sin que haya necesidad de aplicar prácticas especiales para el control de la erosión, es decir, que puedan efectuarse cultivos que aceleren la erosión, como el maíz y el algodón, sin el peligro de que ocasionen una erosión acelerada apreciable. Estos suelos deberán retener y proporcionar suficiente humedad y contener una can-

tear los riegos sin necesidad de prácticas especiales, y con una pendiente menor de 2 por ciento.

II clase. Con prácticas simples de conservación. Los suelos de esta clase pueden dar lugar a dos subclases: los suelos con pendiente suave y bien drenados, y los terrenos planos con drenaje semi-eficiente en donde el movimiento de las aguas es lento debido a la plásticidad del subsuelo. Las prácticas principales y necesarias en esta clase de tierras son: control de la erosión, conservación del agua, simple drenaje simple irrigación, remoción de piedras y obstáculos, aplicación de fertilizantes y mejoradores en pocas cantidades.

Los sistemas de control de la erosión y conservación de la humedad más comunes son: barbecho o surcado en contorno, cultivo en fajas, cultivo de cobertura, especialmente en invierno, los cuales se pueden usar como abonos verdes; rotación de cultivos, simple sistema de terrazas, y arroyo con rastreo. Las prácticas que se usan para corregir la escasa fertilidad son la corrección del pH y ligera aplicación de fertilizantes y abonos verdes.

El cultivo en fajas y la rotación pueden considerarse co-

ta clase están comprendidos los suelos bien drenados con pendientes mayores de los de la II Clase, o bien suelos con drenaje deficiente, con pendientes suaves y moderadamente erosionadas. En estos terrenos se requieren sistemas y cuidados especiales para el control de la erosión así como cuidadoso manejo de los ríos. Las prácticas intensivas de conservación en estos suelos son: grandes rotaciones de cultivos, el cultivo en fajas angostas, terrazas con sus desagües, fajas protectoras con pasto, y cultivos de cobertura.

En el caso que haya ranjas o torrenteras se procederá al cuboreo de las ranjas, suavizado y siembra de pasto en sus taludes, protección del mismo por medio de presas de control las cuales pueden ser ramas fijadas con estacas, o de piedra o de otro material que se tenga a mano.

El riego y el drenaje requieren mayor conservación que en los de II clase. Generalmente se necesita una combinación de prácticas intensivas y simples en esta clase de suelos, para

IV Clase. El uso de las prácticas intensivas de conservación es limitado. Estas tierras son aptas para cultivos regulares con rendimientos altos e moderados en el caso que se dé protección adecuada al suelo durante la época que comprende el cultivo. Se caracterizan estas suelos por su fuerte pendiente, erosión severa, abundante pedregosidad, mal drenaje y baja productividad, pudiendo existir cualquier otro factor que obstaculice los cultivos.

En regiones húmedas estas tierras pueden ser cultivadas en grandes rotaciones, utilizando cultivo de granos cada cinco o seis años, intercalando los de forrajes y pastos.

Cuando se trata de terrenos en Distritos de Riego, con este valor, las tierras de esta clase pueden cultivarse con leguminosas o establecer en ellas terrazas para el cultivo de frutales.

Se recomienda para estas tierras, siempre que no se afegte la economía del agricultor, el establecimiento de vegetación permanente como pastos o cultivos anuales de leguminosas para que se mantenga una cubierta protectora efectiva contra los efectos de la erosión.

El manejo de estas tierras en regiones trigueras deberá ser cuidadoso, recomendándose dejar los rastros lo más alto posible para el arropo del terreno. La pendiente en estos suelos puede ser hasta de 15 por ciento.

na o medianamente inclinada pero con suelo de muy escasa
pesar y con mal drenaje, como es el caso de los suelos
sólo tienen de 0 a 10 centímetros descendiendo directamente
sobre el tepalcate. Suelos como éstos se ven en algunos E
dos de la República, como son los de Tlaxcala, Puebla y
Guila y el Distrito Federal. En otras áreas pueden ser
los ligeros, arenosos, de escaso espesor, que descansa
roca y fácilmente erosionables, circunstancias por las
no son aptos para el cultivo.

En este grupo se puede incluir a las tierras que cont
nen una alcalinidad moderada, donde los arbores y pasto
se desarrollan bien. Las tierras de esta clase en regio
hmedas se destinan a pastizales o zonas forestales; en r
giones donde la precipitación es buena y los pastos se d
rrollan con facilidad pueden dedicarse para agostaderos.

rosión. Los terrenos de esta clase deberán ser capaces de producir pasto suficiente o forrajes para una explotación ganadera. Por regla general estos suelos están expuestos a la erosión eólica más que los de IV Clase y presentan una erosión más severa que los de V Clase. Su pendiente puede alcanzar hasta un 20 por ciento.

En estos terrenos se recomienda reducir el número de cabezas de ganado, de acuerdo con la capacidad de cada potrero y establecer estricta veda del pastoreo durante la primavera para darle oportunidad al pasto para desarrollarse y hacerlo en forma rotativa con el propósito de asegurar la producción de semillas y la producción de pasto.

VII Clase. Los suelos de VII Clase son aquellos que por su excesiva pendiente, alcalinidad o por ser muy ligeros y estar formados de materiales muy gruesos, deben permanecer siempre con una cubierta vegetal permanente, la cual puede ser de pastos, matorrales o bosques. Se procurará por los medios más prudentes y económicos obtener la conservación de agua de lluvia y el control de la erosión, corrigiendo todas aquellas condiciones desfavorables para su conservación.

alguna utilidad, como son las de los d
nes coniderables donde abunda la arc
o pantanosas y sin desagüe natural, de
la vida silvestre, y por último todos
han sufrido muy intensa erosión. A est
nesen también los parques nacionales,
gunas, lagos, y todos aquellos lugares
establecer vegetación.

La formación de cartas de clasificac
no solo facilita hacer recomendaciones
vas a cada agricultor sino que mostrar
estado o región determinada un inventa
gráficas en relación con la potenciali

que se iluminan con diferentes colores para que el agricultor pueda interpretar fácilmente la clasificación de los suelos expuestos, haciendo uso adecuado de los mallas de acuerdo con los procedimientos indicados. Este sistema, aconsejado para la conservación del suelo y agua, se adoptará ventajosamente en muchas regiones de nuestro país donde las tierras fértiles son escasas, ya que facilitará un aprovechamiento completo de todas aquellas porciones que circundan a los ejidos y a las pequeñas propiedades agrícolas; aumentará la variedad de plantas cultivadas, incrementará la producción de alimentos para el ganado, y sobre todo conservará la fertilidad, manteniendo al suelo en su sitio, restituyéndole también los elementos extraídos por las cosechas.

Si bien es cierto que los levantamientos agrológicos deben preceder a los de conservación, éstos deben iniciarse, ya que los datos de los planes de clasificación incluyen estudios completos de perfiles, y esto bastaría para no depender de modo indispensable de los estudios agrológicos, los que solamente se han realizado en áreas muy reducidas de la República.

Mayor importancia revisten estos estudios si se considera la forma inmoderada en que están siendo destruidas las regiones productoras de fibras duras, como lechuguilla y la palma, y las dedicadas a la producción de ganyule y candeli

protegerse, tanto para mantener en forma permanente los ingresos económicos que reperitan como para aumentar las áreas agrícolas explotables que nuestros suelos, racionalmente utilizados, pueden proporcionar.

4. Los diseños de planeación racional de una explotación agrícola representan un nuevo procedimiento que han ideado los agrólogos para producir mejores cosechas, manteniendo la fertilidad de las tierras e incluyendo recomendaciones completas sobre conservación del suelo y el agua.

Aunque este sistema se ha utilizado ampliamente en Estados Unidos (Farm Planning), ya empieza a utilizarse en nuestro medio, pudiendo ser sintetizado para su aplicación práctica sobre el agro mexicano, en los siguientes puntos.

a. El estudio debe ser individual para cada centro de explotación agrícola donde la extensión e importancia del área en estudio lo justifique.

b. Se observarán perfiles representativos para el estudio detenido de los horizontes del suelo y el subsuelo, respecto a permeabilidad, textura, grosor de los horizontes y profundidad de los horizontes A, del suelo, y B, del subsuelo.

c. El estudio de la fertilidad incluirá la obtención de

tos mayores utilizables: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre; el pH, el porcentaje de materia orgánica; las texturas, con separación de grava fina y arena muy fina, limo-arcilla y arcilla cohesiva; la determinación de las sales solubles, y la prueba del álcali negro.

Un tanto de estas muestras se dedicará a determinaciones totales de elementos mayores para llevar un record completo sobre la fertilidad potencial de los suelos estudiados.

4. Los datos se complementaría con la información disponible sobre datos climatológicos, cultivos más importantes, tratamientos previos del suelo, sin dejar de considerar las plagas y enfermedades fungosas y bacterianas que pudieran obstaculizar parcial o totalmente los proyectos de conservación de suelo y agua que se trazaran. Este procedimiento parece difícil de realizar considerando que los estudios son individuales; sin embargo, resulta apropiado para las condiciones de México ya que los presupuestos dedicados a trabajos e investigación sobre suelos son escasos, y corresponde a cada agricultor la realización de los diseños de explotación racional de su propiedad, con la asistencia técnica, efectuando las aportaciones económicas que le correspondan."

Con frecuencia es necesaria la construcción de terrazas para la mejor protección del suelo. La aplicación de fertilizantes en las parcelas no sólo restituyen los nutrientes

tes que las plantas necesitan, sino que al alimentarse los animales con ellas se les proporcionan las sales necesarias para su mejor desarrollo. También se recomiendan los muros en contorno para el mejor aprovechamiento de las lluvias y para el buen desarrollo de los pastos. En caso de que existan torrenteras se controlarán suvizando sus taludes y sembrando pastos permanentes. En ocasiones hay necesidad de estabilizar dichas torrenteras con presas de retención. En algunos casos es conveniente cercar los bosques y montes para evitar el acceso de animales y para protegerlos del fuego y hacer aclareos para el mejor desarrollo y producción de las maderas.

En los campos de pastoreo el problema de la erosión toma otra forma muy diferente. Si la cubierta vegetal ha sido agotada por el sobrepastoreo, se reducirá el número de reses por hectárea dejando sólo las que puedan mantenerse en una pradera sin grave perjuicio de la misma, teniendo muy presentes los índices de explotación ganadera para las distintas especies de ganado. En algunos sitios se hacen obras para represar las aguas pluviales y llevarlas a los lugares convenientes. Todos estos medios de conservación son sólo algunos de los que se emplean en la actualidad, pero el tratamiento específico en cada caso será variable, aunque sin dejar de seguirse en todos los métodos prácticos más fácilmente adaptables, los que en miles de casos han dado resultados satisfactorios.

BANCO DE TESIS

Se ha comprobado que la técnica que se emplea para combatir la erosión y conservar las aguas de lluvia facilita las labores agrícolas más que las ruinas prácticas ocasionadas.

Por ejemplo, resulta más económico operar un tractor siguiendo las curvas de nivel que hacerlo trabajar en el sentido de la pendiente. También es más fácil para un caballo, tirar de un arado en las curvas de nivel que subiendo y bajando una pendiente. En resumen, es más económico el cultivo siguiendo las prácticas de conservación del suelo, y sobre todo los beneficios de la explotación serán mayores porque aumentan los rendimientos por unidad de superficie. Además, en regiones donde se han aplicado extensamente los métodos de conservación se han reducido considerablemente las inundaciones a lo largo de las pequeñas corrientes, dado que el escurrimiento es mucho más lento y por lo tanto las pérdidas de suelo son menores.

el agua se escurre llevándose consigo el suelo.

La línea en contorno es la que se traza en un declive e alrededor de una colina teniendo todos sus puntos a nivel. En otras palabras, es una línea horizontal. Está plenamente comprobado que un campo cultivado en contorno puede retener mayor cantidad de agua que otro campo cultivado en el sentido de la pendiente.

El agua almacenada en los surcos a nivel es de gran provecho para el desarrollo y buen rendimiento de las cosechas. Se ha observado que en una pendiente dada los rendimientos son mayores, por regla general, en la mitad más baja que en la mitad más alta, lo que demuestra la efectividad del surcado en contorno, además de que el agua almacenada en los surcos no provoca erosión alguna. Por otra parte al trabajar en esta forma los terrenos inclinados los rendimientos del trabajo serán mayores y menor el esfuerzo necesario. En cambio cuando un terreno se cultiva en el sentido de la pendiente los arados de tiro se fatigan más y por lo tanto su trabajo rinde menos. Lo mismo sucede cuando se trabaja con maquinaria.

La eficacia del cultivo en contorno contra la erosión depende de varios factores entre los que se cuentan el ti-

siendo cada surco el papel de una pequeña represa; de esta manera se obtiene mayor infiltración del agua en el suelo. Finalmente, este sistema, además de los beneficios que reporta al agricultor, es de suma sencillez, pues cualquiera aprende pronto a trazarlo.

Cultivo en Fajas.

Esta práctica es recomendable (Mickey, 5) para complementar la rotación de los cultivos. Consiste en sembrar fajas de terreno con distinta vegetación en terrenos de cierta pendiente, siguiendo las líneas de nivel del mismo; intercalando fajas de plantas de cultivo en limpio en hileras, entre fajas de siembra tupida que sirvan de protección al suelo; entre ellas se cuentan los tréboles, alfalfas, lespedezas y otras leguminosas. Las hileras de plantas de siembra tupida sirven como barrera de seguridad; mantienen fijo el suelo y retardan el escurrimiento, y las hojas y tallos de las plantas de siembra tupida desempeñan el papel de un filtro para el suelo contra el agua escurrida de

protección contra la erosión excepto en el caso de que ha
ya peligro de erosión sélica. Todo terreno de inclinación
entre leve y mediana es fácilmente erosionado y es enton-
ces cuando las fajas de contención ayudan al control de -
la erosión y al mejoramiento de los rendimientos de las -
cosechas. Puede haber terrenos con mucha pendiente y has-
tante afectados por la erosión en los que los rendimien-
tos sean raquíscos a causa de la poca fertilidad, la fal-
ta de materia orgánica y los efectos erosivos del agua y
del viento. En esos terrenos es necesario emplear siste-
mas adecuados de conservación para rehabilitarlos, y no -
el cultivo en fajas uno de esos medios.

Los sitios de suelo poco profundo, muy accidentados, de
escasa precipitación, e impropios para el cultivo, deben
dedicarse a la siembra de vegetación permanente para fi-
nes de pastoreo o para producción de heno. Se recomienda
que esta clase de tierras inclinadas se cultiven siempre
en fajas para no exponerlas a los efectos de la erosión.-

Una vez establecido el sistema correctamente se podrán

Quando se hace la siembra en fajas en curvas de nivel - se recomienda empezar por el extremo superior e el inferior al través de la faja. Quando son regulares respecto a su altura y ambos bordes están a nivel. se recomienda hacer la siembra empezando por ambos lados para tener en fin en el centro. En esta forma el mayor número de hileras se adapta horizontalmente a la configuración del terreno y todas las hileras cortas quedan en el centro de cada faja lo que constituye la disposición más efectiva de los surcos para conservar mejor la humedad.

El ancho de las fajas no puede determinarse de una manera absoluta ya que éstas varían de acuerdo con diversos factores. En las regiones lluviosas las fajas varían entre 20 y 50 metros de ancho. El grado y longitud de la pendiente, la permeabilidad del suelo, la susceptibilidad a la erosión, la cantidad e intensidad de las lluvias, la clase y disposición de los cultivos en rotación, y el equipo de labranza, son factores que afectan la anchura de las fajas

Quando hay necesidad de proteger la tierra contra los efectos erosivos del viento y el agua no es conveniente que el ancho de las fajas exceda del máximo apropiado. para su

que hacérlas más angostas que en terrenos de pendiente unif
forme.

Rotación de Cultivos.

Las tierras destinadas a la labranza, que constituyen -
un desequilibrio en el orden natural pero indispensable pa
ra la vida, no deben nunca dedicarse a un solo cultivo. En
tre las ventajas de las rotaciones de cultivo se cuentan -
las que siguen.

1. Se facilita mucho el control de las plagas al inte--
rrumpir el ciclo biológico de los insectos.

2. Hay una mejor distribución de los elementos nutriti-
vos del suelo entre cultivos que tienen diferentes necesi-
dades alimenticias.

3. Puede utilizarse la mano de obra a través del año.

4. Se obtiene producción variada de cosechas.

5. Se restituye la fertilidad al suelo al enterrar cul-
tivos que forman parte de la rotación, como abonos verdes.

6. Se normaliza la distribución de los cultivos de es--

Las rotaciones algunas leguminosas, para proporcionar al
suelo. En todos los casos deben incluirse en las rotaciones
y los abonos verdes y resacas para proteger y mejorar el
aprovechamiento del terreno por el cultivo de cereales o hortalizas
que se cultiva de las rotaciones se dispone de modo que se
con un cultivo de cereales y un cultivo anual de leguminas
adapten bien las leguminas y pastos permanentes se puede
de acuerdo con tres años de pastos. En lugares donde no se
recomiendan la siguiente rotación: cinco años de cultivos
permanentes con fajas de crecimiento denso, pudiendo
ser en el campo de rotaciones en fajas de cultivos de
rotación de cereales para el control de la erosión
los productores en el mercado, etc. El procedimiento más
los como la naturaleza del suelo, el clima, la demanda de
El ciclo de la rotación depende de varios factores, ta-
la mayor extensión posible dedicada a la labranza.
se en tal forma que se permita la rotación de cultivos en
con el hombre y la fertilidad, cada cinco años debe ser
con la humedad y el suelo así como para devolver a la tie-
los campos de monocultivos; por lo tanto, a fin de conservar
se contrarrestan con ella las pérdidas de suelo que sufren
Además de estas indispensables ventajas de la rotación
estas técnicas para conservar la estabilidad del suelo.
suelo y los cultivos de cobertura, siendo indispensables

suelo nitrógeno y materia orgánica en las cantidades que - el buen criterio del agricultor crea convenientes.

TERRAZAS.

En los campos dedicados al cultivo debe adaptarse el uso de terrazas donde quiera que el escurrimiento y la erosión no puedan ser detenidas por medio de la vegetación o de las prácticas convenientes en la rotación recomendada. - En tierras impropias para el cultivo no es recomendable la construcción de terrazas, salvo casos especiales, como por ejemplo en un terreno agotado por cultivo inadecuado en el que las terrazas darán magnífico resultado sembrándolas -- con alguna vegetación permanente. En casos como el anterior las terrazas son una medida transitoria, por lo que su construcción sería menos cuidadosa que cuando se trate de un sistema permanente. El uso de terrazas en terrenos impropios para el cultivo resulta en un fracaso para el agricultor - debido a que el costo original y la subsiguiente conservación son elevados por las condiciones diversas del terreno. Los altos costos de la construcción y el mantenimiento y - la producción de cosechas reducidas hacen evidente una u-

regular las capas superficiales en los cuerpos desprovistos de protección vegetal. En la cima la corriente es débil, en general, y su lentitud en el descenso hace que sus efectos no sean perjudiciales, pero cuando las aguas descienden, y su volumen y velocidad aumentan, se incrementa progresivamente su capacidad erosiva a medida que descienden. Las terrazas deben interceptar el escurrimiento antes que adquiera velocidad suficiente para provocar la erosión, debiendo encausarse el excedente de las aguas pluviales por canales permanentes. Esto se logra mediante la construcción de terrazas transversales, situando la primera cerca de la división de las aguas, para captar el escurrimiento de las a--guas superiores antes que adquirieran excesivo poder erosivo o un volumen superior a la capacidad del canal de la terraza. Las siguientes se colocarán en la misma forma que la primera.

El origen de las terrazas fué consecutivo al empuje de los primeros agricultores para combatir la erosión, lo que hacían construyendo un sistema de zanjias en las laderas, y aunque las zanjias no dieron el resultado apetecido, dieron

en cambio la clave para la construcción y experimentación de las terrazas. Las recomendaciones que se hacen al respecto son el resultado de muchos años de práctica y extensas experimentaciones en los Estados Unidos, que son el país más adelantado en la materia.

El objeto primordial de las terrazas es la conservación del suelo, interceptando y desviando las corrientes e acumulándolas en los canales para el mejor aprovechamiento de las aguas. Desde el punto de vista de sus funciones las terrazas se dividen en dos clases: las de absorción y las de drenaje.

Al construir una terraza con un canal bien hecho y a un nivel más bajo que la superficie original del terreno será mejor para captar o desviar las aguas de escurrimiento; en tanto que un canal bien construido, a un nivel más alto que la superficie, y con un canal lo más llano posible, es más efectivo para acumular agua, con el objeto de aumentar la absorción sobre una amplia superficie en la parte alta del terreno adyacente al canal. Por lo tanto en cuanto a su construcción pueden clasificarse en terrazas de drenaje y terrazas de absorción, debiendo incluirse una tercera

y de poca profundidad y pendiente, con lados ligeramente inclinados y amplia capacidad, dará los mejores resultados.

La tierra excavada se emplea para construir el bordo, que será en la parte inferior del canal y a una altura regular, pues un casellón demasiado alto entorpece los trabajos y además aumenta el costo de construcción y por último se requiere gran cantidad de tierra vegetal para su formación.

En esta clase de terrazas el casellón sirve como suplemento del canal y debe hacerse, según ya se dijo, de modo que no dificulte los labores de cultivo. Este tipo de terrazas es propio para regiones donde las precipitaciones —

pluviales son abundantes y donde existe el peligro de que el exceso de agua dañe a la tierra y a los cultivos.

2. Terrazas de absorción. Estas terrazas son especiales para el control de la erosión mediante la retención del agua. Se hacen con el fin de aumentar la absorción del suelo construyéndolas de modo que las aguas de escurrimiento se recojan y se extiendan en la mayor superficie posible. Para obtener el mejor resultado se harán en superficies -- bastante planas; los muelles deberán ser lo suficiente altos para lograr que el agua se extienda lo más que sea -- posible. La tierra para el cañellón deberá extraerse de una faja lo suficientemente ancha para evitar que el agua se -- concentre en una área reducida. El éxito en estos trabajos y su eficacia dependen de los métodos de construcción y de la configuración del terreno. Para este sistema de terr-- zas el cañellón es más importante que el cauce del canal. --

Quando se quiera inducir la absorción máxima se constru-- yan sin darles nada de pendiente cerrando sus extremos o -- bien como medida de precaución se dejarán abiertas, a fin de que el agua caiga por las cabezeras antes de que se des-- herde. También se pueden dejar parcialmente tapadas en los extremos, según convenga, para facilitar el desagüe en ca-- so de necesidad, cuando la lluvia es excesiva; y en caso -- de que los cultivos sufran a causa de la mucha agua acumu--

lada se pueden construir con una ligera pendiente, especialmente cerca de las cabeceras.

Las terrazas de camellón o de absorción, como también se les llama, son recomendables para regiones donde las lluvias son escasas y en terrenos de gran poder absorbente, en los cuales, antes que perjudiquen a los cultivos las aguas acumuladas son fácilmente absorbidas por el suelo. Esta clase de terrazas dá muy buenos resultados en terrenos arenosos y de poca pendiente y donde las lluvias son de baja intensidad.

3. Terrazas de banco. Las terrazas de escalón o de banco consisten en una serie de fajas planas o huellas construidas en terrenos de mucha pendiente. La contrahuella de cada escalón es casi vertical y protegida con piedras o vegetación bastante tupida. Este es uno de los sistemas más antiguos empleados para el control de la erosión, sobre todo en zonas en que la densidad de la población y por necesidades económicas se hacía indispensable el cultivo en terrenos montañosos.

Según Hall (1) estas terrazas se usan mucho en Puerto Rico y consisten en un banco para el cultivo y un talud recubierto de gramíneas u otras plantas estoloníferas y son construidas en pendientes que varían de 20 a 55 por ciento. El borde exterior del plano de la terraza es más alto y con cier-

lo largo con velocidades distintas según el tipo del suelo y la longitud y precipitación. Estas terrazas pueden hacerse de dos maneras: una natural y otra artificial. El primero se hace sembrando plantas de tallos rígidos y alto desarrollo a lo largo de las líneas trazadas que pueden ser a nivel, o bien con cierta pendiente. El intervalo vertical varía de 1 a 2 metros y en casos especiales puede aumentar se según esté el declive del terreno. A medida que las plantas crecen la tierra desplazada se va recargando sobre las plantas sembradas. Se puede ayudar a su formación más rápidamente durante los cultivos procurando voltear la tierra contra las hileras sembradas; en esta forma se tendrá formado el bancal en el término de 3 a 5 años aproximadamente. La segunda forma es exclusivamente artificial, usando herramientas de mano y juntas de animales, pudiendo usar maquinaria hasta en pendientes de 40 por ciento.

Para terminar diré que en la región del Municipio de Montemorelos, N. L., existen alrededor de 500 hectáreas de terrazas en las que se han obtenido excelentes resultados lo que ha despertado gran interés entre los agricultores de toda la región para los trabajos de conservación.

Los terrenos donde se localizan dichas terrazas tienen una pendiente que varía de 3 a 6 por ciento. La fórmula em

plancha por nosotros para el trazo de estas terrazas es la siguiente: $I.V. = \% P - 6$, o sea que el intervalo vertical - entre una y otra terraza es igual a la pendiente expresada en por ciento, más una constante igual a 6.

El tipo de terrazas que hasta la fecha hemos construido en esa región ha sido el de drenaje. La base de cada terraza tiene aproximadamente 2 metros y unos 40 centímetros de altura y una pendiente, en los canales de un dos al millar

El procedimiento que hemos seguido para el trazado de estas terrazas es el siguiente.

Estando en el terreno que se va a terracear se hace un recorrido del mismo a fin de encontrar su parte más alta.- Luego se determina la pendiente en por ciento haciendo uso del clinómetro y en seguida se localiza el lugar más apropiado para fijar y nivelar el aparato. Se coloca luego el estadal en la parte más alta del terreno y hecha la lectura se le agrega el intervalo vertical obtenido según la fórmula precedente o sea la diferencia de cota que debe haber entre terraza y terraza. Para arrajar más luz en este asunto describiré el siguiente ejemplo. Supongamos que la lectura del clinómetro dió un 5 por ciento de pendiente en el terreno; substituyendo en la fórmula se tendrá: $I.V. = 5$

cambiar de lugar; si eso no es posible o sea que al sumarle el intervalo vertical dá una lectura mayor que la graduada en el extremo superior del estadal, entonces se cambia el aparato, se nivela y se coloca el estadal en una de las estacas previamente fijadas; se hace la lectura, se le suma el intervalo vertical y se procede en la forma ya descrita. Este procedimiento se emplea para terrazas de absorción; para las de drenaje se sigue proceso análogo, sólo que se va dando una pendiente determinada, generalmente de 2 al millar, variando con la longitud de las terrazas, con la clase del terreno, y con las condiciones topográficas.

La fórmula que recomienda el Manual de Conservación del Suelo para determinar el intervalo vertical es:

$$I. V. = \left(2 - \frac{\% P}{4} \right) .305$$

La fórmula que actualmente está usando el Distrito de Conservación del Suelo y Agua en Saltillo, Coah., para determinar dicho intervalo es: $I.V. = 7.5 (P - 8)$ estando dada la P en por ciento.

CONCLUSIONES.

Con todo lo expuesto anteriormente se ha querido evidenciar la importancia que tiene la conservación del suelo tanto para la economía general de los pueblos como para la de los agricultores en particular; para cuyo efecto se han indicado las prácticas más comunes que aconseja la técnica para detener y evitar los daños que causa la erosión en los suelos agrícolas.

Cada una de las prácticas recomendadas para este fin debe ser aplicada de acuerdo con las necesidades o circunstancias de cada terreno. Así, en los de poca pendiente pero fuertemente erosionados, producirán resultados satisfactorios si se siembran durante varios años con pastos permanentes. En cambio para los terrenos de poca pendiente y poco erosionados bastará la rotación de cultivos siguiendo líneas a nivel.

Los cultivos en contorno constituyen otra importante medida preventiva de la erosión y presentan las siguientes ventajas:

- a. Son de ejecución fácil, aún para los agricultores principiantes en estas prácticas.
- b. Reducen el escurrimiento y la erosión durante las lluvias de baja intensidad.

e. Son recomendables para los terrenos muy permeables.

d. Aumentan los rendimientos cuando la humedad es el factor determinante de la producción.

Mediante los cultivos en fajas puede obtenerse:

a. Variada producción de cosechas en una misma estación.

b. Un buen control de la erosión en pendientes no mayores de 10 a 12 por ciento y de longitud aproximada de 100 metros.

c. Pueden usarse no sólo para controlar la erosión hídrica sino también contra la eólica, ubicando los cultivos en sentido perpendicular a la dirección del viento dominante.

En los terrenos de pendientes fuertes conviene construir terrazas. Estas serán: (1) de absorción, en las regiones de escasa precipitación; (2) de drenaje, en las regiones húmedas; y (3) de banco o escalón, en los terrenos de pendiente muy pronunciada.

Las terrazas reducen la longitud de las pendientes; permiten sembrar todo el campo con un solo cultivo, y son el medio más efectivo para controlar la erosión provocada por el agua.

Se ha comprobado que son mayores los rendimientos en los campos de cultivo, por unidad de superficie, cuando se eje-

cutan prácticas de conservación que cuando se siguen los sig
temas comunes de labranza.

Aparte de todas las ventajas que tienen las prácticas de
conservación recomendadas en esta tesis y cuya utilidad está
reconocida en todo el mundo civilizado, puedo añadir lo que
he comprobado por mi experiencia personal sobre este particu
lar, pues he podido observar que en todas las regiones donde
hemos aplicado estas prácticas se están obteniendo muy bu—

BIBLIOGRAFIA.

- (1) Mill, W. X., Manual de Conservación de Suelos. Sin fecha. Publicación TC-243 de la Secretaría de Estado de los Estados Unidos. Washington, D. C. Pp. 126-127.
- (2) López Llanes, L., 1948. Conservación del Suelo y del Agua en Sistemas de Riego. Tesis Profesional. Imprenta F. B. Narro, Saltillo, Coah. Pp. 3-4.
- (3) Pacheco Badillo, F., 1949. Notas Complementarias del Curso de Suelos y Fertilizantes. Recopilación mimeográfica. Escuela Superior de Agricultura "ANTONIO NARRO". Pp. 48-51.
- (4) Person, H. S., Las Pequeñas Fuentes Fluviales. Sin fecha. Publicación TC-244 de la Secretaría de Estado de los Estados Unidos., Washington, D. C. Pp. 30-31.
- (5) Mickey, K. B., 1946. El Nombre y el Suelo. Traducción y Edición de la International Harvester Company-Argentina. Buenos Aires, R. A. Pp. 82-84.