Ruperto Casanueva del C.

Estudio sobre erosión del suelo. Estados Unidos de Norte América

IDEAS GENERALES

La falta de atención dada a la erosión del suelo en Estados Unidos, con anterioridad a los estudios del Departamento de Agricultura del Gobierno Federal, constituía un dominio público que constataba el empobrecimiento paulatino de los suelos sin adaptar remedios preventivos o retardatarios.

Los estudios de erosión empezaron por los efectos que se notaban en los ríos desde el punto de vista de embanques debido a la sedimentación del fondo, así fué tratado en 1890 por los siguientes Departamentos Técnicos; U. S. Geological Survey, U. S. Bureau of Reclamation, U. S. Department of Agriculture. States Experimental Stations y Canal Manegements. Los dos últimos nombrados sólo toman parte en este estudio desde años recientes. De las conclusiones obtenidas en el análisis de los sedimentos se vió la necesidad de atacar el mal en los puntos de origen, pero aún así, sólo ahora se toman medidas radicales.

En el país entero, 7.550,000 Kmt². y 126.425,000 habitantes, el costo anual de las pérdidas por erosión del suelo, que recae en los agricultores, se estima ser US.$ 400,000,000, según informe de Mr. H. H. Bennett, jefe de «Soil Conservation Service», Department of Agriculture. Esta cantidad no incluye los perjuicios en los caminos, vías de Ferrocarril, sedimentación de lagunas y finalmente la acción destructora en canales, ríos, etc.

En general podemos hablar de erosión causada por lluvias y por viento. El agente destructor más importante, en este país, es la lluvia que actúa en diferentes formas más o menos activa, dependiendo de la topografía del terreno, de la intensidad de ella, clase de cultivo del terreno y la característica química del suelo.

Las pérdidas debidas al factor erosión, no son tan sólo continuas sino que aceleran su acción destructora con el lavado de los suelos fértiles, dejando al descubierto el subsuelo menos productivo y más erosivo. En la superficie de este subsuelo, que generalmente consiste de arcilla impermeable, caen las lluvias que, al no ser absorbidas, producen efectos instantáneos desastrosos con sus inundaciones; en otras palabras, el suelo va perdiendo su porosidad a medida que desaparece el terreno primitivo de la superficie y por consiguiente pierde también, su acción retardadora de los efectos de las lluvias.

Los terrenos fértiles de los valles son cubiertos por material arcilloso, arena y piedras, arrastrados por las lluvias, de los cerros y los convierte en improductivos.

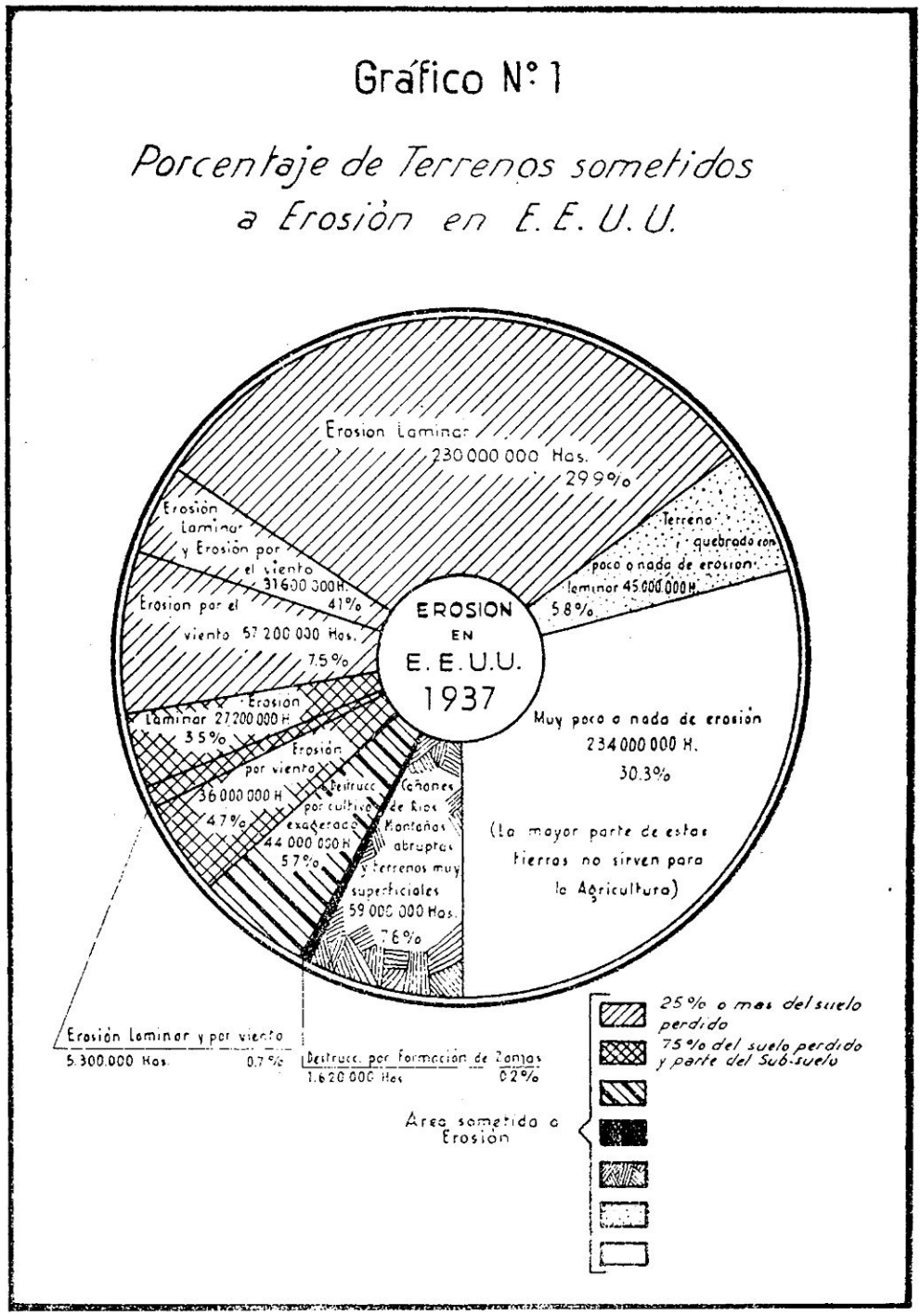


Gráfico N° 1
Porcentaje de Terrenos sometidos a Erosión en E. E. U. U.
Erosion Laminar 230 000 000 Has. 29.9%
Erosión Laminar y Erosión por el viento 31600 000 H. 41%
Erosion por el viento 57 200 000 Has. 7.5%
Erosión Laminar 27200 000 H. 3.5%
Erosión por viento 36 000 000 H 4.7%
Destrucc. por cultivo exagerado 44 000 000 H. 5.7%
Cañones de Rios Montañas abruptas y Terrenos muy superficiales 59 000 000 Has. 7.6%
Terreno quebrado con poco o nada de erosion laminar 45 000 000 H. 5.8%
EROSION EN E. E. U. U. 1937
Muy poco o nada de erosión 234 000 000 H. 30.3%
(La mayor parte de estas tierras no sirven para la Agricultura)
Erosión Laminar y por viento 5 300 000 Has. 0.7%
Destrucc. por formación de Zanjas 1.620 000 Has 0.2%
Area sometida a Erosión
25% o mas del suelo perdido
75% del suelo perdido y parte del Sub-suelo

Por decirlo así, los agricultores, de estos valles sometidos a erosión, se han reducido a la calidad de agricultores de subsuelos áridos a pesar del cuidado que prestan a sus propiedades. Basta para ello, comparar la producción, de casos característicos, obtenida hace 60 años que varía entre dos y diez veces superior a la actual. No podemos comparar el total de la producción agrícola de aquellos tiempos con la actual porque, hace 60 años había menos terreno entregado al cultivo, de allí que en el volumen total no sea tan evidente, el empobrecimiento de la calidad de los terrenos. Estos agricultores de subsuelos, producen todavía suficiente para competir en los precios del mercado, siendo esta, otra de las causas porque no se hace sentir el efecto inmediato de la erosión.

75% del área total de Estados Unidos, está sometida a la acción empobrecedora de la erosión, ya sea por lavado de sus suelos o por destrucción de ellos. Esto queda bien demostrado en el gráfico N.° 1, que acompaña este trabajo. Analizándole podemos concluir lo siguiente:

1.°. 30% del área total no tiene erosión o si ella existe, es muy insignificante. La mayor parte de estas tierras no sirven para agricultura.

2.° 230.000,000 hectáreas, están sometidas a la acción de la erosión laminar. O sea el 29,9% del total de 770.920,000 Hects. Esta superficie tien perdido el 25% de su capa superficial.

3.° 31.600,000 Hects., están sometidas a la erosión laminar y del viento, representa un 4,1% del total. Esta superficie ha perdido un 25% de su capa vegetal.

4.° 57.200,000 Hects. están sometidas al efecto de la erosión del viento. Representa un 7,5% del total. Ha perdido también el 25%.

5.° 27.200,000 Hects. están sometidas a la erosión laminar, representando un 3,5% del total con un 75% de su capa vegetal perdida.

6.° 36.000,000 Hects. están sometidas a la erosión del viento, representando un 4,7% del total con un 75% de su capa vegetal perdida.

7.° 5.300,000 Hects. están sometidas a la acción erosiva del viento y erosión laminar, representando un 0,7% del total, con 75% de su capa vegetal perdida.

8.° 44.000,000 Hects. sometidas a la erosión debido a cultivo exagerado e indebido, o sea un 5,7% del total.

9.° 1.620.000 Hects. se encuentra en el último estado de destrucción con formación de zanjas. Representa el 0,2% del total.

10. 59.000.000 Hects. comprenden cañones de ríos, montañas abruptas y terrenos muy superficiales, impropios para agricultura. Representa un 7,6% del total.

11. 45.000,000 Hects. de terrenos quebrados con muy poca o nada erosión laminar. Representa el 5,8% del total.

Desde el año 1930 se hace una campaña muy grande por mejorar las prácticas en el cultivo de los suelos, la adopción de un cultivo racional, mejor protección de los campos cultivados, en contra de la erosión y finalmente, la eliminación de cosechas en ciertos terrenos. Desde hace una generación que se viene insistiendo en la necesidad de variedad de cultivos para proteger los terrenos de erosión y empobrecimiento. Es satisfactorio leer en los boletines agrícolas, el cuidado con que estas medidas son observadas por los interesados. Como ejemplo quiero citar la Estadística

del Colegio de Agricultura de la Universidad de Illinois, que demuestra los progresos hechos con sus sistemas de cultivos, el uso racional de las tierras y las siembras rotativas. En el período 1929-1933 han disminuído el número de Hectáreas sometidas al cultivo de maíz, trigo, avena y centeno 1.461,000 acre (591,000 Hects.) más bajo que el término medio anual de estas cosechas en tiempos normales antes de la guerra europea, que sirve como punto de comparación agrícola. Es de notar que en este mismo período, 1929-1933, los agricultores de Illinois, aumentan en 350,000 Hects. el cultivo de alfalfa, trébol, porotos y habas. Este colegio de agricultura dice que existen en Illinois 1.210,000 Hects. que están sujetas a acción erosiva, solamente aprovechables en cultivo de huertos y pastoreo. Más de 4.900,000 Hects. sometidas a erosión laminar muy perjudicial y que pueden ser cultivadas solamente, bajo métodos aprobados por comisión de control erosivo. Además existen muchos terrenos que están con formación de zanjas, lo que significa la muerte de esos campos para cultivos agrícolas. A continuación, agrega este reporte, una organización de obreros «Civilian Conservation Corp» está empeñada en la tarea de cerrar muchas de estas zanjas, poniendo en práctica el control de erosión.

Hasta el presente, se había usado una política errónea y discriminativa, en el cultivo agrícola de las tierras de los Estados Unidos; se han cortado árboles en los terrenos de fuertes pendientes, allí se han hecho siembras de algodón, maíz, tabaco, etc. que aceleran el lavado del suelo. Se ha cosechado toda clase de productos en terrenos aptos solamente para árboles y pasto, como adopción natural del suelo. Se ha permitido a innumerables terrenos pendientes que laven sus capas vegetales y se pierdan como sedimento de ríos hasta quedar convertidos en esqueletos geológicos, pensando, según la expresión de Mr. Bennett, que la erosión es un fenómeno natural que no «debe» ser retardado por el hombre, al respecto insiste en la necesidad de poner remedio instantáneo, si se quiere que el país sea uno tal que permanezca a través de las edades, citando el caso de propiedades que ya ha sido necesario detener el cultivo porque los terrenos eran muy pobres.

El terreno que se cultiva en muchas zonas agrícolas no es sino el subsuelo de otra época anterior y es así que el fenómeno continúa su acción agregando hectáreas, en su destrucción, a los 61.000,000 Hects. a las cuales ya les ha hecho desaparecer su capa vegetal, apareciendo así, en carácter de amenaza. La erosión va siempre adelante, empobreciendo los campos faltos de protección, en cada lluvia intensa y prácticamente se observa que, el subsuelo, una vez en la superficie, se desgasta más rápidamente que el terreno primitivo, el cual ha ido a tapar terrenos cultivables, de allí que las pérdidas crecen en progresión geométrica.

Comparando los cultivos de Virginia, se ve que los agricultores de años atrás tenían más visión que los actuales, desde el punto de vista de la conservación del suelo; los agricultores actuales han tratado de industrializar hasta el extremo sus terrenos sin prestar atención a los factores destructores.

De todos los agentes físicos y químicos que afectan las tierras, separadamente o en combinación, la erosión es el peor de ellos, el mayor destructor de los suelos y el mayor enemigo del agricultor que cultiva terrenos de pendientes. De un cálculo general, hecho en varias regiones agrícolas de los Estados Unidos, se estima que se pierden 21 veces más plantas de productos alimenticios, después de la siembra, por erosión del suelo, que las que se aprovechan en cosechas reales; dejando presente que

con las plantas se va también el terreno que contiene las semillas, es decir, se pierde en definitiva; planta, partículas minerales, humus, organismos beneficiosos, trabajo y dinero.

Siguiendo estas observaciones, se ve también aparecer un estudio de investigación en forma intensa y ordenada, en los últimos años. Así se ve medir los terrenos y el agua perdida por cultivos determinados y en cada producto, bajo procedimientos standars, naturalmente, según los datos del Departamento de Agricultura, esto debía haberse hecho 75 años atrás.

PRUEBAS NUMÉRICAS DEL MENOR RENDIMIENTO DE LAS TIERRAS

A pesar del cultivo de mejores variedades de cereales, de mejores métodos de cultivo, de siembras rotativas y de mejor maquinaria empleada, aún tomando en cuenta el uso de fertilizantes y de productos que mejoran la calidad del terreno y a pesar de toda la educación agrícola dada en cada Estado por libros, folletos, prensa, reuniones de agricultores, premios para los mejores productos y de mayor rendimiento, a pesar de todo esto, se puede ver a continuación que estos rendimientos han disminuído en vez de aumentar, sacando como consecuencia que el factor determinante es la erosión para afectar estos números en forma decreciente, haciendo improductivo muchos de los esfuerzos para aumentar la producción de las cosechas.

RENDIMIENTOS TÉRMINOS MEDIOS COMPARATIVOS, EN ESTADOS UNIDOS

PRODUCTO	Período	Rendimiento
Trigo	1871-1880	10,7 Hectolitros por Hectárea
Trigo	1901-1910	12,4 Hectolitros por Hectárea
Trigo	1821-1930	12,3 Hectolitros por Hectárea
Maíz	1871-1880	23,5 Hectolitros por Hectárea
Maíz	1921-1930	22,6 Hectolitros por Hectárea
Algodón	1871-1880	208 Kilogramos por Hectárea
Algodón	1921-1930	170 Kilogramos por Hectárea

En muchas zonas agrícolas, estos valores, son muy inferiores, en el período 1921-1930, a tal punto de existir la necesidad de abandonar miles de hectáreas por improductivas.

RENDIMIENTOS TÉRMINOS MEDIOS COMPARATIVOS, EN ILLINOIS

Daré algunos valores del Estado de Illinois porque representa una zona bastante agrícola y en donde los datos y números de rendimientos dejan ver a primera vista, los efectos de la erosión:

PRODUCTO	Período	Rendimiento
Maíz	1896-1905	31,7 Hectolitros por Hectárea
Maíz	1906-1915	31,0 Hectolitros por Hectárea
Maíz	1916-1925	31,4 Hectolitros por Hectárea
Maíz	1925-1930	29,0 Hectolitros por Hectárea
Maíz	1930 (solo)	20,8 Hectolitros por Hectárea
Avena	1896-1905	28,8 Hectolitros por Hectárea
Avena	1906-1915	27,8 Hectolitros por Hectárea
Avena	1916-1925	29,0 Hectolitros por Hectárea
Avena	1925-1930	27,2 Hectolitros por Hectárea

Esto prueba que las cosechas empobrecen más rápido que las mejoras que se notan en los métodos de prácticas agrícolas. En algunos casos podemos notar ligeros aumentos en los rendimientos, debido a fertilizantes y a cultivos rotativos, pero, sin embargo, la tendencia general a medida que los años se aproximan al actual, es marcadamente un decrecimiento.

En las zonas, en las cuales predomina la erosión laminar, es y será muy difícil mantener los rendimientos anteriores, aún con el mejor método de cultivo, a menos que se usen métodos de prevención y cura de la erosión.

EFECTO DE LA DESTRUCCIÓN DE LOS BOSQUES

Gran parte del inmenso territorio de Estados Unidos, o sea de los 7.500,000 Km², está en cultivo en la actualidad. Primitivamente, parte de él, fué de mediano cultivo, cuando se limpió de árboles y malezas; pero, en estos terrenos había muchos millones de hectáreas, hereditariamente tan pobres que se usó el procedimiento de cultivarlos durante un número de años que diera beneficios por pequeños que estos fuesen y después, abandonarlos, para seguir la explotación de nuevos terrenos. Naturalmente, de este modo se obtenía lo que en aquellos tiempos se necesitaba, pero fué una política totalmente errónea, ya que despojaron de sus árboles en zonas que nunca debiera haberse hecho, en una palabra, no miraron el futuro de estos terrenos, sólo les importó obtener ganancias inmediatas.

En el año 1620, más del 50% del territorio de Estados Unidos estaba ocupado por bosques, actualmente, en 1937 no alcanza a 15%. Del 35% explotado, se estima que hay por lo menos un 15% que no debiera haberse limpiado radicalmente y en el 20% restante, se ha puesto cultivo inconveniente, resultando como consecuencia, un efecto desastroso de erosión. En el gráfico N.º 2, está la comparación de las áreas ocupadas por bosques.

En el valle del río Tennessee, los agricultores se apresuraban en limpiar sus tierras de árboles, con el objeto de plantar maíz y tabaco, en pendientes de 70% y aún en pendientes superiores, felizmente el Departamento de Agricultura impidió este mal, después de un trabajo de investigación que demostraba que la capa vegetal productiva se perdería en un período de tres a ocho años de estos cultivos, abandonándose en

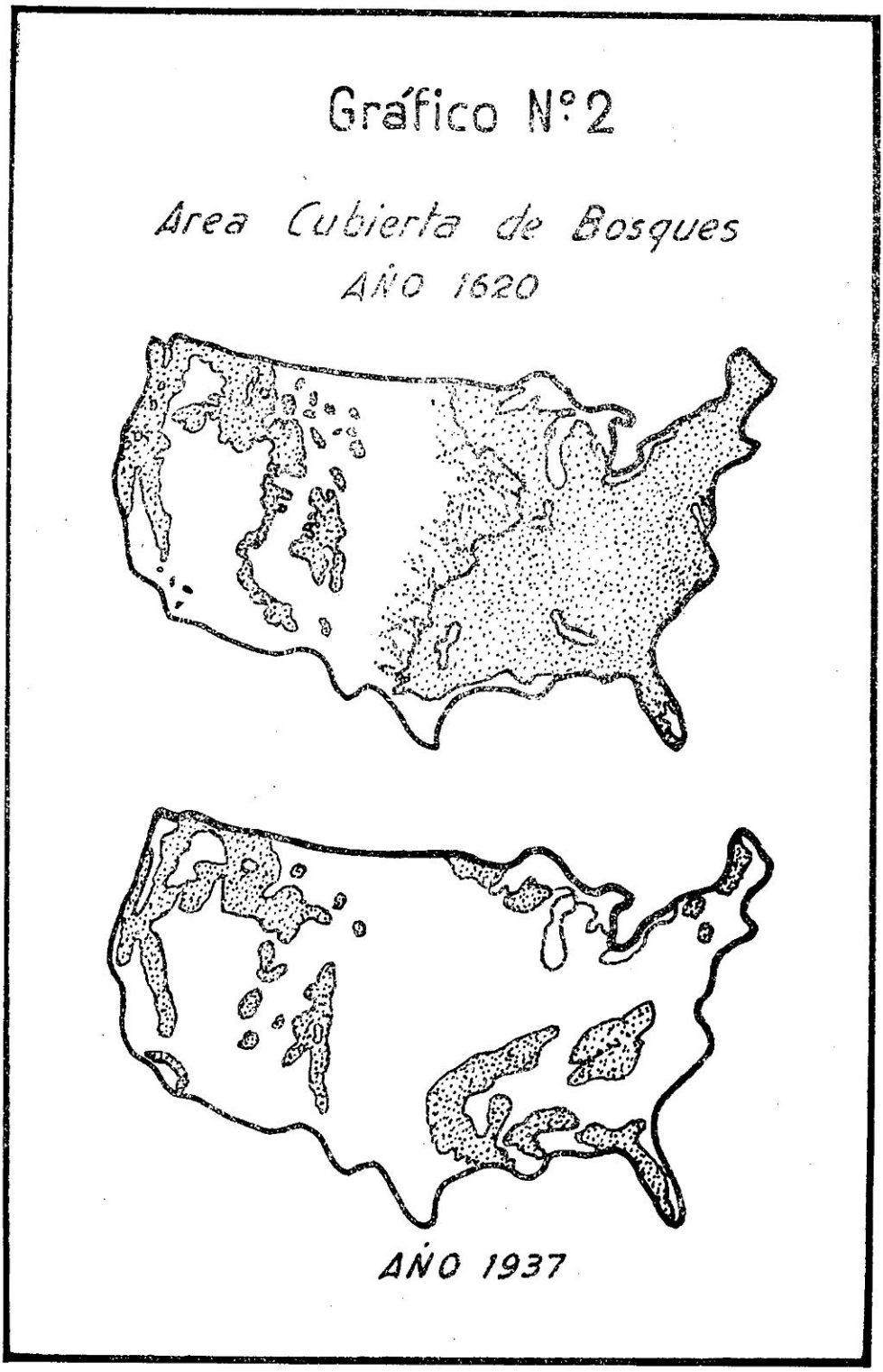


Gráfico N° 2
Area Cubierta de Bosques
AÑO 1620
AÑO 1937

seguida. Estos informes tan terminantes y reales fueron trasmitidos a los agricultores del Tennessee en 1932 por la Sección de Control de Erosión.

En Mc Lean Country, Illinois, en donde se concentra la erosión del Estado, hay propiedades que están condenadas a 2 ó 3 cosechas de trigo, no pudiendo continuar su cultivo si no se aplican medidas inmediatas en el control racional de la erosión. Es tanta la evidencia de este fenómeno que nadie puede negar su existencia, citándose como ejemplo un estudio de una propiedad en el sur-este de Wáshington,

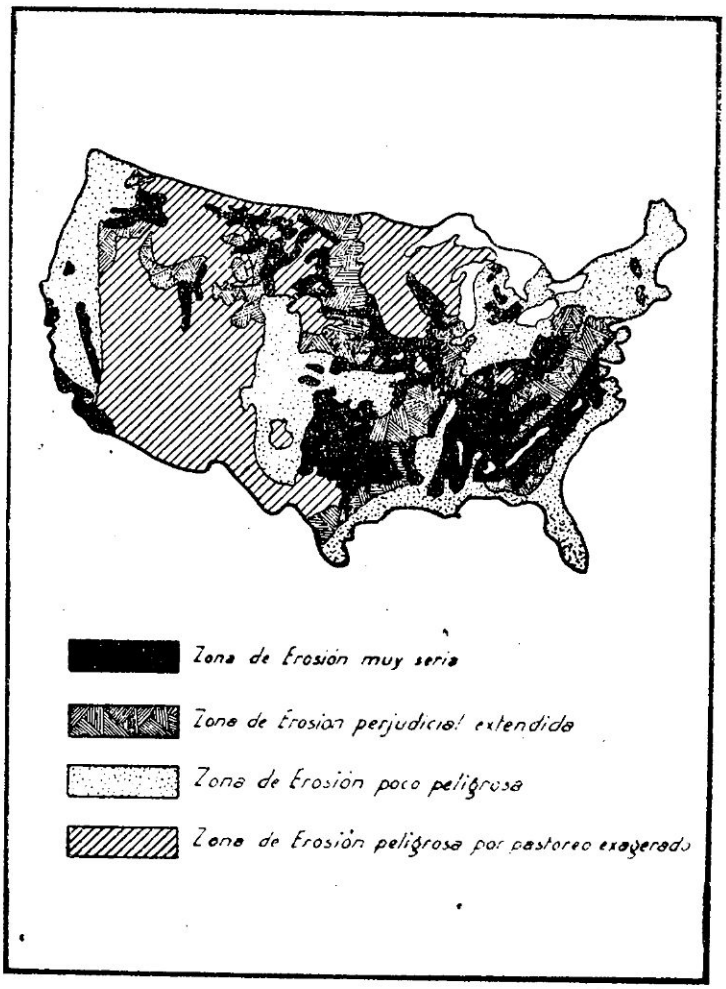


Gráfico N.° 5

con el objeto de afirmar más las argumentaciones en favor; la propiedad anteriormente dicha consta de 90 hectáreas y el 25% de los terrenos de mayor pendiente producen el 15% de la cosecha total, con un costo del 35% del total de costo de explotación. Esto significa que si 22,5 Hects. fuesen abandonadas totalmente, todavía la propiedad produciría 7/8 de la producción anterior con sólo 67,5 Hects. Lógica-

mente, el problema no está sujeto a esta sola condición, pues, el abandono de dichos terrenos trae como consecuencia, el lavado de los suelos de pendiente exagerada y el acarreo de tales productos como arcilla a los valles o terrenos bajos, inutilizando, así, el total de la propiedad. Por consiguiente, esos terrenos o sea las 22,5 Hects. deberían salir fuera de la explotación agrícola de productos de cosecha anual, dejándolos para arboledas, al mismo tiempo que aplicar el cultivo alternado por fajas, en el resto, si es que el sistema de terrazas no es posible económicamente en este caso.

Por lo menos, 14.000,000 de Hects. de terrenos cultivables en Estados Unidos, han sido destruídas por erosión, en algunas regiones el terreno está tan quebrado que el agricultor no cuenta con medios monetarios para explotarlos agrícolamente; en estas regiones la erosión ha ido al extremo de dejar al descubierto las rocas o arcillas, absolutamente improductivas.

Mr. H. H. Bennett, dice que Estados Unidos puede, tal vez, afrontar la pérdida de estos terrenos, pero no podrá, en el futuro, afrontar pérdidas mayores ni el empobrecimiento de los suelos en la proporción que actualmente se nota, llamando la política de conservación del suelo, política de salvación nacional.

Es difícil concebir que el agua lluvia, viento y demás agentes destructores, han destruído 220,000 propiedades de 80 Hects. cada una. Debido al cultivo del terreno con arado en temporadas inadecuadas así como el pastoreo exagerado, han determinado la destrucción de la firmeza del terreno superficial; los huecos dejados por las raíces, se han sellado, así como la porosidad del suelo ha disminuído, impidiendo que las aguas lluvias bajen al subsuelo. Esto demuestra que la falta de permeabilidad superficial, provocada por los agentes anteriormente dichos, es el factor catalítico positivo para la erosión.

EROSIÓN LAMINAR

La erosión laminar ha causado, en los Estados Unidos, la pérdida de gran parte del terreno superficial de 51.000,000 de Hects. que actualmente se cultivan.

El efecto de la erosión laminar, o por capas, es tan perjudicial como el agrietamiento del terreno, el fenómeno se produce tan lento que la mayoría de los agricultores no lo notan sino cuando ya el remedio es casi imposible. Se ha dado el caso de propiedades que paulatinamente perdían su capacidad productora y sólo se mantenían en producción debido al esfuerzo de sus dueños, pero llegó un momento que los cultivos y sus rendimientos no pagaban el costo, resultando como consecuencia el abandono de las tierras.

En algunas regiones, el subsuelo, que queda a la vista de la erosión haciendo las veces de terreno superficial, puede producir bastante buenas cosechas sin agregados de fertilizante, en otras, se les agrega fertilizante en cantidades crecientes, pero aún con esto, los rendimientos están por debajo de un cultivo en terreno primitivamente superficial y sin fertilizante.

Naturalmente que los fertilizantes, los cultivos rotativos, siembras de productos que mejoran los terrenos, etc., son factores que hay que tomarlos en cuenta y ponerlos en práctica, pero, sería mejor atacar la causa antes de sentir la necesidad de tomar estas medidas, o sea, una actitud preventiva.

Se estima que tres billones de toneladas se lavan y pierden, de los terrenos de

cultivo, cada año. Solamente por la boca del río Mississippi, pasan al año, más de 400.000,000 de toneladas de material arrancado de los terrenos del valle del Mississippi. La mayor cantidad corresponde a terreno superficial, que sería suficiente para formar 1,250 propiedades de 80 hectáreas cada una y teniendo una profundidad de terreno vegetal dos veces que el término medio de los suelos de Estados Unidos.

Gráfico N.º 4

En un estudio cuantitativo hecho en Illinosis, en un terreno de 17,4 hectáreas, se comprobó lo siguiente; en terrenos con pendientes de 2 a 8%, con una superficie de 17,4 Hects., un total de 41.100,000 kilogramos de suelo superficial, se ha lavado en 73 años. 10.500,000 kilogramos del total, se han depositado en el valle, 30.600,000

se han ido fuera de la propiedad, depositándose en el lecho del río y en el golfo de México. Esto dicho de 17,4 Hects. de Illinois, se puede extender, según el Colegio de Agricultura del Estado de Illinois, a 3.130,000 Hects. que corresponde a 1/5 de la superficie total del Estado. Esto quiere decir que el 20% del Estado de Illinois está sujeto a los efectos de una erosión bastante seria.

EJEMPLOS DE EROSIÓN AVANZADA

En la región Piedmont del este de New Jersey hasta Alabama Central que se extiende a lo largo de los Apalaches, con una superficie total de 20,200,000 Hects., el 65% de este terreno, ha sido atacado seriamente por la erosión. En especial, se ve un punto muy característico de esta región; es una sección de 120.000 Hects. que consistía de terreno muy rico para toda clase de cultivos, y se ha convertido en suelo casi totalmente pobre, debido a la pérdida de 10 a 20 cms. de Humus.

36,500 Hects. en Carolina del Sur, consideradas como las mejores tierras agrícolas de todo Estados Unidos, se han cubierto de arena y con depósitos de todas naturalezas, convirtiéndose en pantanos.

En los piedmonts del sureste, se ha analizado 3,650 Hects. y se ha encontrado que; 73% estaba atacado con erosión laminar, 52% se estimó cubierto de zanjas, que representa el último estado de la erosión. Como observación de carácter general, se vió que no se forman zanjas debido a las aguas lluvias, en pendientes menores del 3%, por el contrario en terrenos con pendientes que exceden el 12%, se vió el 89% del terreno con zanjas y el 57% del área había perdido el terreno superficial o capa vegetal. Se sabe también, que el fenómeno de erosión no se puede hacer desaparecer por completo, pero sí, se puede retardar y disminuir en gran proporción.

En el sur-este de Georgia, existen 28,500 hectáreas que están totalmente destruídas, muchas de sus zanjas llegan a una profundidad mayor de 50 mts.

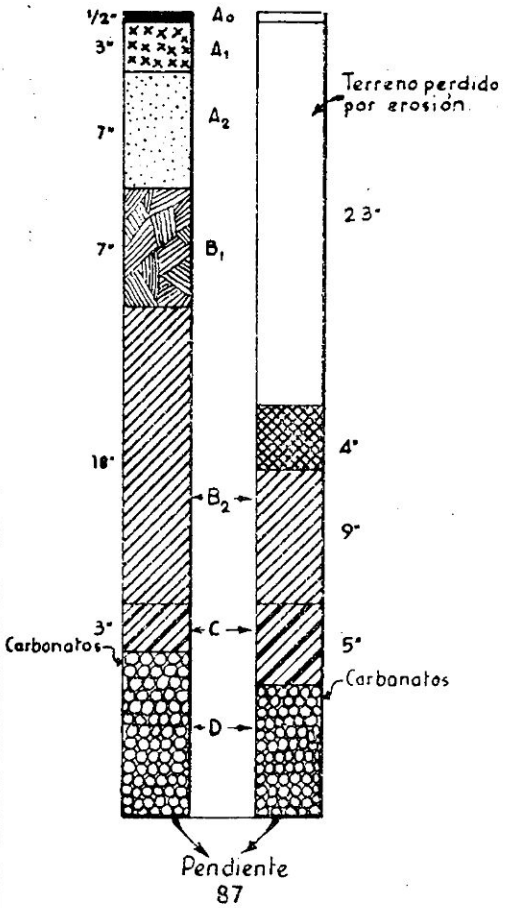
En Alabama Central, existen más de 203.000 Hects. que no sirven sino para el cultivo de árboles; el estado de la erosión es tan avanzado que la destrucción física del suelo y el empobrecimiento químico del mismo, hacen imposible otro cultivo; por cierto que se especifica plantación de árboles para evitar que continúe la erosión, no esperando resultados económicos ni tampoco industriales de tales plantaciones.

En Oklahoma, existen 2.850,000 Hects. que ya tienen erosión avanzada al estado de quebrajamiento con formación de zanjas.

En el gráfico 3, podemos ver la comparación de dos terrenos de igual naturaleza, en pendientes iguales, sometidos a los mismos agentes atmosféricos, pero el uno cultivado por período de 50 a 75 años y el otro protegido por bosques vírgenes. Este gráfico demuestra que se ha perdido la capa vegetal en su totalidad y aún, la erosión ha ido más allá, hasta una profundidad de 58 cms. desde la primitiva superficie. Estas perforaciones fueron hechas en Miami, en terrenos arcillosos, de pendiente común de 87%.

Perforación de Terreno Arcilloso de Sedimentación en Miami

Tomados en terrenos vecinos, uno con bosques vírgenes y el otro limpio y trabajado por 50 - 75 años.



A_0 Capa de hojas encontrada en la parte superior de los bosques vírgenes

A_1 Verdadero terreno superficial generalmente incluye hasta la profundidad de aradura.

A_2 Verdaderaa Superficie intermedia, zona bajo superficie y sobre el Sub-suelo.

B_1 y B_2 Verdadero terreno de sub-suelo, zona mas plástica, subdividido en 1 y 2

C Zona menos plastica bajo el verdadero sub-suelo que ha sido privada de sus carbonatos.-

D Zona similar a C" pero que todavia contiene carbonatos, poco lavada.

En Miami existe todavia piedra caliza

Gráfico N° 3

ESTUDIO DE LOS RÍOS DE ESTADOS UNIDOS EN RELACIÓN CON LA SEDIMENTACIÓN DEBIDA A LA EROSIÓN

Debido al material arrastrado por las aguas lluvias, los ríos llevan tierras en suspensión, las cuales se sedimentan o siguen en suspensión durante todo el recorrido. Esto trae como consecuencia, dos estados que hay necesidad de considerar y los efectos traídos por estos estados.

Ya decíamos anteriormente que, los factores más importantes de la erosión eran; la cantidad de lluvias, el carácter de la topografía del terreno, naturaleza de los cultivos y, finalmente, la característica del suelo. Todos estos factores son desfavorables en el sur-este de Estados Unidos. La intensidad de lluvias, varía de 76,2 cms. en la región este semi árida de Texas a un término medio anual inferior a 12,7 cms. en Arizona y California. Lluvias de poca intensidad son numerosas, en la parte del país que estoy considerando, la zona sur-oeste. Estas lluvias de poca intensidad constituyen sólo un pequeño porcentaje del total de la precipitación. El factor principal de la erosión causada por lluvias, es su característica de torrencial.

El U. S. Weather Bureau dice haber caído 58,5 cms. de aguas lluvias en 24 horas, en septiembre de 1921, en Texas, lo que explica su calidad de torrencial, también vale decir que, intensidades de 10,4 a 15,2 cms. por hora son comunes en Texas.

La corriente producida por estas lluvias es bastante intensa lo que causa la erosión; las aguas cubren la capacidad total de los canales de drenaje y alcanzan altas velocidades medias, estas velocidades hacen que el agua arrastre las partículas superficiales del fondo de dichos canales, las cuales son transportadas hasta que el agua adopta velocidades menores que permitan la sedimentación.

La característica de las corrientes de agua en esta región sur-oeste, es de largo período de pequeño volumen y períodos cortos de gran volumen. Como únicas excepciones puedo citar el río Colorado y el río Grande.

La topografía de la región es montañosa, con pendientes fuertes, que permiten rápidas corrientes de agua. El estado de Texas posee pequeños planos, el resto es de cerros de pequeña altura y redondeados que tienen pendientes suficientes para producir fuerte velocidad.

La naturaleza del cultivo, se clasifica en esta región, como muy extendida. Bosques se limitan a Texas central con abundancia de robles y nogales americanos. En Arizona y New México, existe principalmente, piñones, pino amarillo y abeto. Arbustos de creosota, cubren gran parte del área en los cuatro estados; el resto de su superficie está cubierto de pastos, dedicados al pastoreo. Pero, el pastoreo exagerado hace disminuir el efecto retardatario del pasto en contra de la erosión.

La región de que se trata tiene principalmente terrenos de aluvión que en parte va hasta gran profundidad, lo que la hace propicia a la erosión. El área del terreno que está cultivada es un pequeño porcentaje del total, pero sin duda, es esta región cultivada la que contribuye grandemente a la formación de sedimentos en los ríos de la región.

CANTIDAD Y EFECTO DE SEDIMENTOS EN LOS RÍOS

Este problema ha sido tratado desde muy antiguo, como decía al principio de este trabajo, por muchos departamentos del Gobierno Federal y de los Estados, dando origen al plan actual de control de erosión. Estos trabajos vienen efectuándose desde 1890. Para darse cuenta de la seriedad de este problema, quiero citar los datos siguientes, correspondientes a ríos de la región sur-oeste:

Río Colorado.- En los estudios que se han hecho, preliminares al «Boulder Dam», y que analizan las características del río en un período de 18 años, se establece que un término medio de 183.759,000 toneladas de sedimentos, es acarreado anualmente por este río, es, aproximadamente, el 0,84% en peso, del término medio anual de la descarga del río 19.200.000,000 m³. Asumiendo un área de drenaje, o sea, superficie drenada, de 582,000 Km²; el término medio de los sedimentos transportados es 315 tons. por Km².

Al estudiar cortos períodos en los valles de Yuma, Mr. Fortier y Mr. Blaney llegan a la siguiente conclusión; asumiendo que 1 ft³ de depósito contiene 85 lbs. de sedimentos secos, o sea, hay 1660 Kgs. de sedimentos secos por m³ de depósitos; en la parte inferior del cañón del Colorado se obtienen 161.500.000 m³ por año. La región examinada corresponde a un área de drenaje de 444,000 Km², equivalente, por lo tanto, a 364 m³ de sedimentos por Km² de superficie drenada; al año.

Este estudio trae como conclusión práctica que, un tranque en el cañón del Boulder, de 152 mts. de altura, queda reducido a la mitad de su capacidad en un período menor de 75 años, si no se toman medidas para evitarlo.

Río Gile.—Los ingenieros navales que han estudiado ese río, estiman que el río transporta 1,3% de sedimentos en volumen, basados en que ellos encontraron 1.120 Kgs. de sedimentos por m³ de depósito, el equivalente en peso es 1,46%.

Roosevelt Reservoir.—En estudios hechos en este tranque, se vió un depósito de 119.500,000 m³ después de un período de 20 años. Se estima necesario un período de 160 años para reducir su capacidad a la mitad.

Río Grande.—Se tienen records de muchos años; Mr. Follett, estudió el período de 1897 a 1912. Como término medio anual, el río lleva 1.400.000.000 m³, conteniendo 1.14% de sedimentos en suspensión, bajado en 840 Kgs. por m³, así se llega a la conclusión de existir 23.300.000 m³ de material en suspensión por año, en el río Grande frente a San Marcial.

Elephant Butte Reservoir.—En este río, el Reclamation Service, dice que se está sedimentando en una cantidad de 23.600.000 m³ por año, digo en el río porque es el alimentador del tranque. La capacidad de dicho tranque que originalmente era de 3.120.000,000 m³., quedará reducida a la mitad en 61 años.

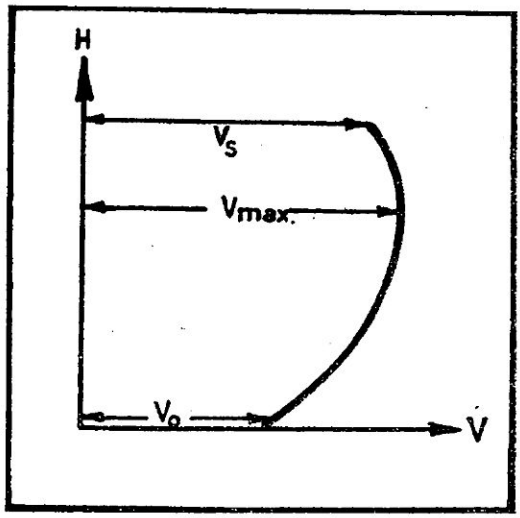
Aunque los datos de períodos de 16 ó 10 años, que son los datos de este río y de este tranque, no nos dan términos medios verdaderos, sin embargo nos dan cifras que ponen en evidencia lo serio que es este problema y la necesidad de evitarlo, causando alarma en la visión ingenieril de un estudio de embalse.

Río Pecos.—Un estudio hecho en el lago Mc Millan, en el río, se llegó a la conclusión de que dicho lago ha reducido su capacidad original en un 42%, debido a los depósitos de sedimentos.

Río Trinity.—Mr. Taylor estudió este río en un período de 13 años, dice comprobar una sedimentación, en el lago Worth, de 16.400.000 m³. El término medio por año es 1.260.000 m³. o sea, reduce la capacidad primitiva en un 2,3%. La hoya, o región drenada, es de 4,850 Km². lo que da 260 m³. de sedimentos por Km². de hoya.

Canal System of Imperial Valley, California.—Un término medio de 17.700.000 m³ de sedimentos, se ponen en suspensión en este sistema de canales. En 1923 llegó a un máximo de 29.350.000 m³. Adicionalmente gran cantidad de arena del fondo y sedimentos silicosos. se trasportan por el «Main Canal», esto se estima en 4.720.000 m³.

En los canales se ha hecho un estudio muy interesante que tiene conexión con la hidráulica de los canales en general. Se sabe que la curva vertical de velocidad tiene una forma característica que podríamos representarla aproximadamente por una parábola de eje horizontal. En la región de los 2/3 superiores se hace el trasporte del material en suspensión, a lo largo del río o corriente de agua, independiente de su largo. Pero, tan pronto como las partículas llegan a un filete cuya velocidad no es suficiente para mantenerla en suspensión, se depositan. La velocidad para mantener arena fina en suspensión debe ser 21 cm/seg. o superior y para arena más gruesa, debe ser 30 cm/seg. o superior. Mr. Terzaghi, profesor de la Universidad de Berlín, establece para el río Colorado, que las partículas laminares y en forma de disco son más sensibles para seguir en suspensión que las de forma angular o granular. La importancia práctica de todo esto es lo siguiente; la sedimentación se produce en el tercio inferior, pegado al fondo de las corrientes, además, la mayor o menor proporción de ellos tiene gran importancia en la rugosidad de las paredes de los canales, disminuyendo la capacidad conductora de dichos canales, en un grado menor o mayor.



CANAL ALAMO MOCHO, MÉXICO

Velocidad mt/seg.	Gasto mt³/seg.	Coeficiente de rugosidad «n»
1.	0,057	0,0224
1,04	0,065	0,0225
1,16	0,071	0,0195
1,08	0,074	0,0230
1,40	0,085	0,0155
1,53	0,088	0,0135
1,44	0,093	0,0157
1,44	0,093	0,0160
1,25	0,099	0,0206
1,50	0,102	0,0158
1,28	0,104	0,0210
1,39	0,110	0,0203

En esta tabla se ve que existe menor rugosidad con mayor velocidad, lo que corresponde a una menor proporción de sedimentacón; entonces podemos decir que necesitamos una determinada velocidad límite inferior para evitar la sedimentación peligrosa, naturalmente existirá siempre una pequeña proporción, por otro lado, la velocidad límite inferior no debe ser muy alta, a tal punto de causar la destrucción del fondo del lecho.

Las mismas condiciones encontradas en el canal Alamo Mocho, se han encontrado en: East Highline canal, Central Main Canal, West Side Canal, Briar Canal.

Como el río Colorado es uno de los principales de la región, voy a dar un resumen de las cantidades de sus sedimentos anuales, esto manifiesta el estado de erosión del valle atravesado por dicho río:

SEDIMENTOS ARRASTRADOS POR EL RÍO COLORADO, ANUALMENTE

Experimentadores	Estación	Período	Peso del sedimento seco, en Kg/m³	Sedimentación anual en millones de m³		
				Suspend.	Fondo	Total
Dole y La Rue	Yuma, Ariz.	1897-1914	1.490	94,5	..	..
Schlecht, Grunsky ..	Yuma, Ariz.	average	1.600	106,0	16	122
Weymouth	Yuma, Ariz.	1909-1922	1.380	124,0	..	..
Davis	Boulder.	térm. med.	1.360	133,0	..	..
Davis	Yuma, Ariz.	» »	.....	104,0	..	..
Rothery	Yuma, Ariz.	1912-1921	1.380	112,0	..	..
Forthier, Blaney	Yuma, Ariz.	térm. med.	.....	140,0	22	162
Forthier, Blaney	Boulder.	» »	1.360	....	..	162
Grunsky	Yuma, Ariz.	1911-1927	1.600	111,5	..	..
Grunsky	Yuma. Ariz.	térm. med.	1.600	....	..	..
Howard	Grand Canion	1925-1928	1.380	178,0	..	..

En el río Colorado, también se han hecho estudios completos de todas las causas y modalidades de la sedimentación, llegando a conclusiones profundamente interesantes al respecto. En el año 1929 Mr. Grunsky, estableció las siguientes leyes:

1.° El agua soporta su carga en suspensión en toda la longitud del río. A veces hay más sedimentos otras veces menos, en el comienzo del río que en puntos 50 a 70 kilómetros más abajo. Particularmente, cuando el agua está barrosa en el comienzo del canal o río, queda así en todo el largo.

2.° Un fenómeno que ilustra las condiciones ocasionales que favorecen que el sedimento sea transportado en suspensión, es la formación de ondas estacionarias en el río. Esto se nota en corrientes de profundidad moderada, en lechos de arena. Es un fenómeno común en Lower Colorado River.

3.° En 1918 se modificaron los trabajos de obra de toma del Canal Imperial, se instalaron Dragas de succión y en un período de 30 meses, cerca de 12.000.000 m^3. de material se excavaron del lecho. A pesar de que no se sabe que efecto tuvo esto en las regiones bajas del Canal Imperial, se sabe de seguro que si se hubiese permitido ese material en el canal, habría perjudicado a los agricultores, aguas abajo.

4.° El drenaje del Canal Imperial antes de medir sus depósitos, no evita la sedimentación total. Las bombas de drenaje colocadas en el comienzo del Canal no atrapan el total de los sedimentos que vienen de la compuerta de Rockwood. Así es que aún existe un depósito mayor de 383.000 m^3. por mes.

5.° Suponiendo material en suspensión temporalmente, en condiciones normales, la carga del lecho debería ser 6 a 7 veces mayor que la trasportada por el canal, o sea, 29.500.000 a 35.400.000 m^3.

6.° Observaciones desde tiempos antiguos dejan ver que el Canal Imperial no tiene tanta sedimentación como el río. El agua en el canal es menos turbulenta, depositándose los granos pesados.

7.° La turbidez del río Colorado varía con la profundidad. Su aumento con la profundidad es constante, es independiente de la carga total del material arrastrado. El aumento en porcentaje, es 0,11 de la superficie al fondo.

8.° El río Colorado es menos barroso cuando lleva poca agua que cuando lleva mucha, por ejemplo, una descarga o gasto de 1.000 m^3/seg. Tiene su mayor turbidez cuando su gasto es entre 355 y 750 m^3/seg. La turbidez es más alta en primavera que en otoño.

9.° Parece haber otras causas que afectan la turbidez, por ejemplo, los sedimentos, en la parte más aguas abajo del río, parecen sufrir dispersión. Posiblemente, la fuente del agua y su composición química, afectan el grado de dispersión, causando mayores sedimentos en suspensión. Cuando hay arcillas en dispersión, cada partícula floculada, se divide en muchas partículas tan pequeñas a veces que representan casi una formación coloidal.

De esto se puede deducir cuán complejo es el problema de la sedimentación en los ríos y los factores que tienen influencia en cada problema en particular.

REMOCIÓN DE LOS SEDIMENTOS EN LAGUNAS Y TRANQUES

Después de haber dado a conocer las cantidades de sedimentos que se depositan

en las lagunas (reservoirs), es necesario pasar una rápida ojeada a los métodos para remover y preveer dicha sedimentación.

Un método poco satisfactorio y muy caro, es poner un «reservoir» anterior al cual se quiere evitar su sedimentación depositaria, esta laguna anterior sirve como estanque decantador, los sedimentos se hacen pasar por cañerías hacia aguas abajo de la laguna principal.

Otro método es lavar de tiempo en tiempo, el fondo del reservoir, con chorro de agua a presión, y barrer en seguida el depósito, no es satisfactorio ni aún en pequeños reservoirs.

Otro método es cavar el fondo, una vez producida la sedimentación como en los ríos, por medio de dragas, actualmente es un método caro, pero hay promesa de que llegue el tiempo en que sea económico dado los adelantos en las maquinarias; se estima que será el único medio usado en el futuro.

En pequeñas obras de embalse, se hace pasar todo el río por dicho embalse, produciendo así fuerte corriente y arrastrando los depósitos; es bastante bueno en pequeños embalses pero no se estima suficiente para grandes lagunas. Hasta el presente, el mejor método ensayado para evitar sedimentación o más bien, los efectos de ella, es dar a los tranques altura suficiente para que, tomando en cuenta los sedimentos depositados en el fondo, la capacidad de él sea su capacidad de proyecto. También, se ha hecho a veces, un nuevo embalse, cuyas aguas sumadas y puestas en canal común, den la dotación requerida.

En los ríos se evita la producción de altas velocidades por medio de tranques en serie, como los 54 tranques con «locks» del río Ohio que al mismo tiempo hace, este río, navegable comercialmente; o bien, por tranques en los afluentes, tratando de regular la corriente del río principal y mantener un gasto, en lo posible, constante. Necesariamente, debe haber, como ahora se está haciendo en Estados Unidos, una autoridad que tome este problema en todos sus aspectos y evidentemente que los beneficios obtenidos por estas obras costosas, deben ser pagados por todos los beneficiados. Por ley del Gobierno Federal, se ha creado una autoridad que estudia y controla los cursos de los ríos, corrientes de agua y canales, conjuntamente con la comisión que estudia y toma medidas en el control de la erosión.

Haciendo mención del río Ohio, quiero decir algo de su historia, la cual ha sido la causa de enormes gastos en su regularización. El río Ohio tiene 1.560 kilómetros de largo, formado por la confluencia del río Allegany y Monongahela en Western Pensilvania, termina en el Mississippi. La cantidad de agua en su boca varía entre 780 m^3/seg. y 42.500 m^3/seg. La parte canalizada aumenta de ancho desde 260 a 1.800 mts. a 35 kilómetros aguas arriba de la boca.

Las alturas del agua medidas en este río son las siguientes:

ESTACIÓN	Altura máxima medida	Año
Pittsburg, Va	10.80 mts.	1907
Parkersburg, Va	18.00 mts.	1913
Cincinnati, Ohio	22.00 mts.	1884
Cincinnati, Ohio	25.40 mts.	1937
Louisville, Ky	21.70 mts.	1884
Cairo, Ill	16.7 mts.	1913
Cairo, Ill	24.00 mts.	1937

Como se puede ver en la tabla, las alturas alcanzadas en la gran inundación última, en Cincinnati y en Cairo, así como en Louisville, estaban fuera de todo cálculo de probabilidad.

Daré, a continuación, un resumen de los mayores gastos medidos en los ríos Americanos, como dato ilustrativo que refleja la diversidad de problemas que tienen que afrontar en Estados Unidos.

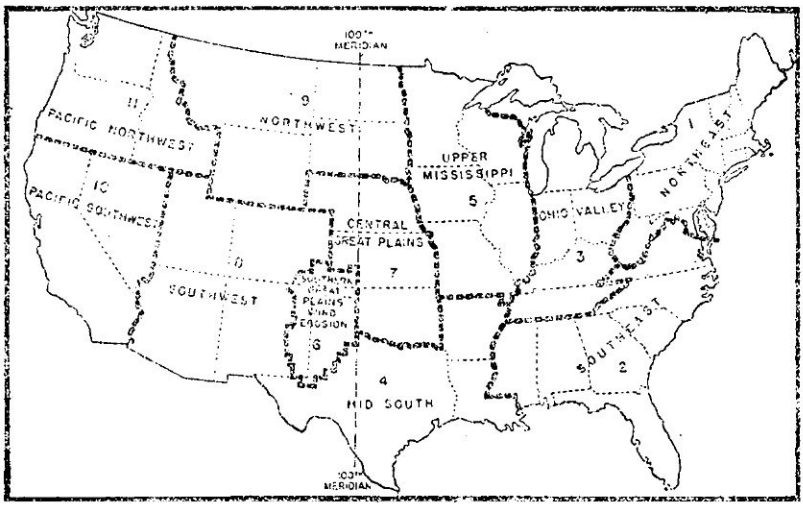
GASTOS MÁXIMOS DE LOS RÍOS NORTE AMERICANOS, CON ANTERIORIDAD A 1937

RÍO	Hoya en Km²	Gasto máx. en litros por Km² de hoya	N.º de años de observación
Beacon, N. Y.	0.65	35.200	18
Bulls Rum, Pa	1.50	46.000	..
Dooker's, Pa	1.56	44.000	..
Manus, Pa.	1.74	28.000	..
Beddling, N. Y.	2.93	1.300	Indefinido
Sylvian, N. Y.	3.06	620	..
Potomac, Md.	2.310	250	..
Sacudauga, N. Y.	2.750	300	..
Wisconsin, Wis.	6.800	88	..
Shenandoah, Va.	7.780	510	12
Pitt, Calif.,	10.500	75	5
Merrimac, Mass.	10.600	215	..
Hudson, N. Y.	11.700	128	26
Susquehuana, Pa.	11.700	290	..
Mississippi, Min.	11.800	23	18
Grand, Mich.	12.700	90	..
Cedar, Iowa	16.400	44	3
Delaware, N. J.	16.800	590	120
Mississippi	18.900	16	..
Savannah, Ga	19.400	440	66
Connecticut, Conn.	26.500	220	105
Sacramento, Calif.	27.000	270	..
Alabama, Ala.	40.000	100	14
Illinois, Ill	40.700	40	16
Ohio, Ky.	531.000	77	6
Colorado, Ariz.	582.000	7	11
Missouri, Mo.	1.390.000	12	6
Mississippi, Mo.	1.840.000	14	6

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVACIÓN DEL SUELO

Muy poco se ha hecho al respecto todavía, pues esto está funcionando desde hace pocos años. Actualmente existen estaciones experimentales de erosión en cada estado, cuya repartición se puede ver en el mapa que adjunto, como resultado de sus investigaciones se puede mencionar, el aumento de cosechas en algunas regiones y

mantenimiento de la fertilidad de los terrenos con el uso de fertilizantes, siembras que mejoran los suelos, cultivos rotativos, etc.

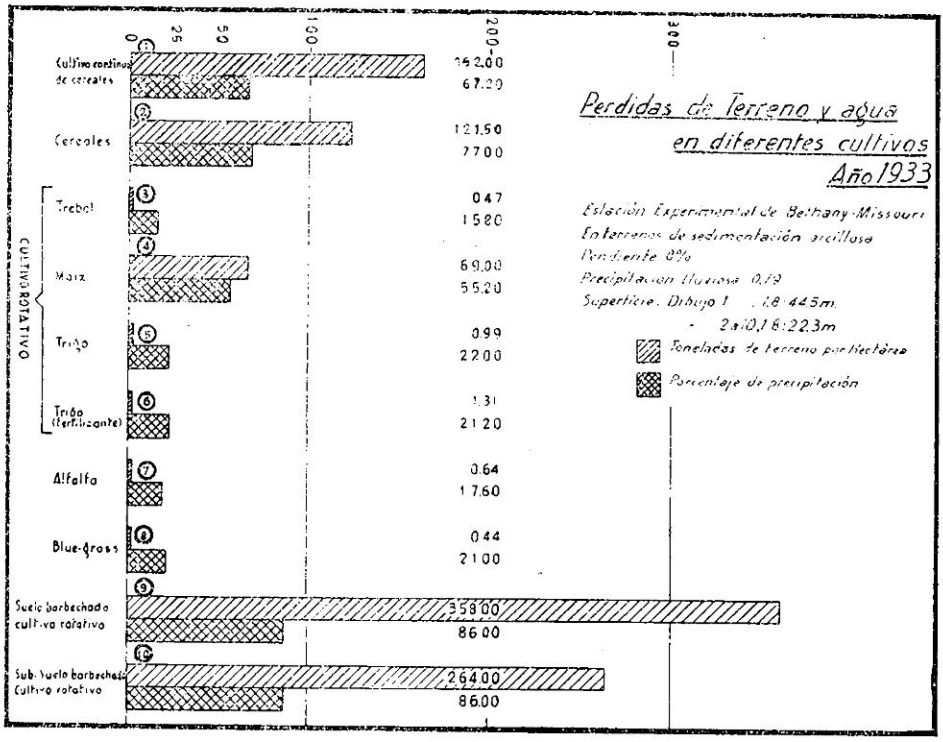


Desde hace tiempo, en los estados del sur-oeste, se hacen cultivos de los terrenos pendientes por medio de terrazas, usadas ya por los Incas del Perú, pero no se había hecho experimentos para determinar el ancho más conveniente de ellas, pendientes, así como tampoco su distanciamiento. Tampoco se pensaba en las pendientes de los terrenos que quedan entre terrazas, en terrenos de diferentes características químicas y por fin, tampoco en terrrenos con diferentes clases de erosión.

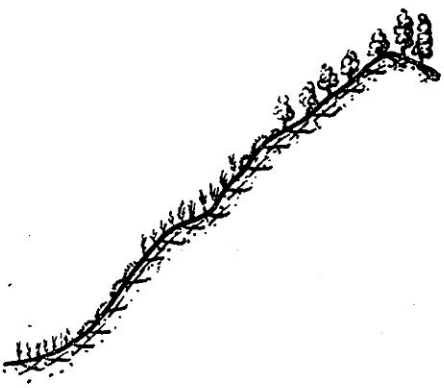
Mr. Bennett, dice que estas terrazas por sí solas no previenen la erosión porque ella se produce en los terrenos que quedan entre ellas, debido a las pendientes.

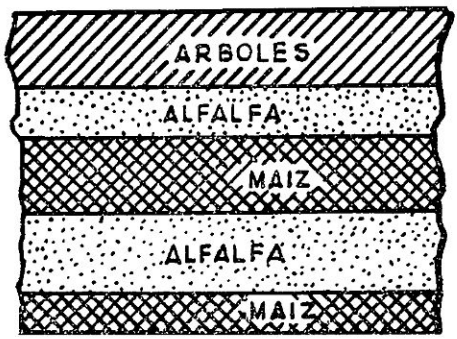
También, desde hace pocos años, se ha venido demostrando que la vegetación gruesa como árboles, pasto, lespedeza y alfalta, son los cultivos más efectivos que se conocen para disminuir la velocidad del agua de lluvias y aminorar así, el efecto de la erosión. Poco se ha hecho en Estados Unidos al respecto, por lo contrario, se ha notado una ansiedad muy grande por cultivar aquellos productos de alto mercado, como algodón y tabaco, por cierto en regiones adecuadas para ello, sin tomar en cuenta el cultivo más racional; de este modo se han lavado muchos terrenos fértiles, tratando de obtener beneficios inmediatos pero sin mirar el futuro.

El Departamento de Agricultura, en 1927, después de un estudio completo de erosión en todo el país hecho por Mr. Bennett, se vió que los valles del Missouri y del Iowa, perdían 125 toneladas de suelo por hectárea y por año, con una pérdida del 27% del agua lluvia. Este mismo terreno con alfalfa y con la misma precipitación, sólo lavó 1 tonelada de suelo por hectárea y por año, acompañada de 3% de la lluvia; el resto se infiltraba. Podemos también, hacer el siguiente razonamiento; perdiendo 125 toneladas por hectárea por año, se supone que los 17 cms. de capa vegetal se pierden en 20 años y aparece el subsuelo, bajando la producción de 17,6 hectólitros por acre a 7 hectólitros por acre; el mismo terreno con alfalfa, bajo las mismas condiciones de pendiente, lluvia, etc., demoraría en perder los 17 cms. de capa vegetal, 5,000 años y con pasto timothy, demoraría 4,000 años. Ver gráfico comparativo.



En terrenos pendientes de Wisconsin, se ha ensayado el siguiente esquema de cultivo, con muy buen resultado; árboles en la línea divisoria de aguas hasta la mitad superior de la pendiente como límite máximo, en seguida hacia abajo, alfalfa en cintas paralelas, alternadas con líneas de cultivo de trigo, maíz etc.





De esta manera se logra evitar las velocidades exageradas, al mismo tiempo se mejora el porcentaje de infiltración de las aguas lluvias.

DEMOSTRACIÓN DEL CONTROL DE LA EROSIÓN, ACOMPAÑADO DE UN PROGRAMA NACIONAL

Recientemente, en 1934, se estableció, como Departamento del Ministerio del Interior, una sección de Control de la Erosión, con el objeto de llevar a cabo proyectos de control de erosión acompañados de regularización de ríos.

El plan de este Servicio es controlar totalmente la erosión en las hoyas hidrográficas de todos los ríos de Estados Unidos. Se dividirán estas hoyas, en áreas de trabajo de 40,000 a 80,000 Hectáreas cada una, siendo tan solo mayor, el territorio llamado «Navajo Indian Reservation» en Arizona, en este último territorio nombrado se hará trabajo experimental y práctico para restablecer las condiciones primitivas en lo posible; aquí se está empobreciendo el suelo debido a un pastoreo exagerado. Todo trabajo práctico se hará en conformidad con la adaptabilidad y necesidades de las distintas clases de terrenos que se presenten en las zonas de trabajo.

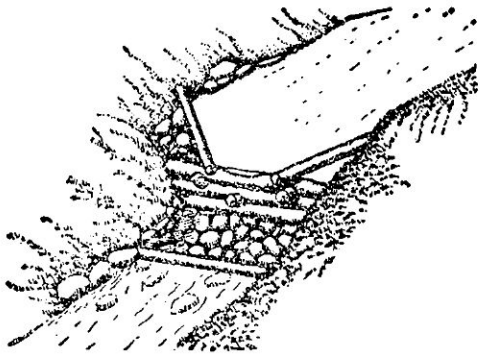
Si este plan se lleva a efecto en su integridad, será un magnífico ejemplo con el cual demostrar la eficacia del control. Desde hace pocos meses, 12 de abril de 1937, el Presidente ha firmado el decreto por el cual autoriza la inversión de los millones de dollars requeridos para el plan total. Cada ensayo será visitado por agricultores, comerciantes, banqueros, hombres y mujeres de todas las esferas de negocios, quienes serán llamados periódicamente a inspeccionar los trabajos que se hacen en los intereses de la nación; de este modo se divulgará tanto como se pueda, la política de conservación del suelo.

Podríamos decir, como definición, que el control de la erosión es: la reducción del azar de inundaciones, protección de los terrenos fértiles de los valles contra depósitos de arena, grava y material proveniente del lavado de los cerros, prevención de los depósitos de las corrientes de agua, canales, embalses y reajuste del uso y cultivo de las tierras.

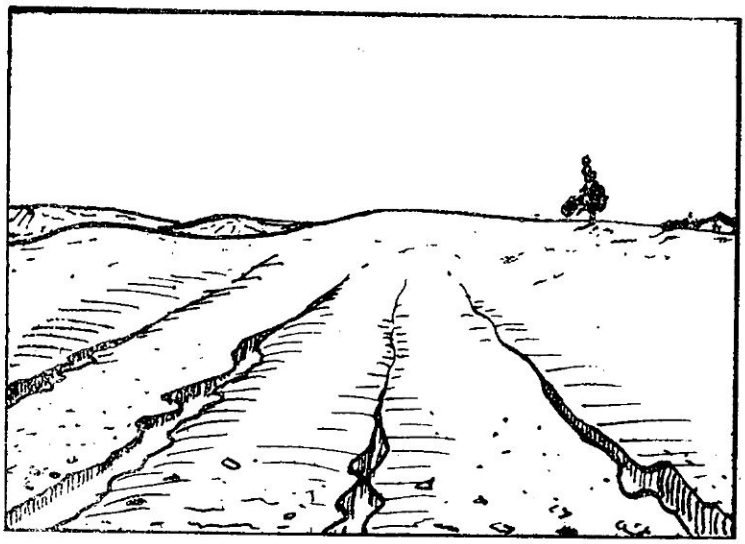
Es el primer intento en la historia de este país, para poner en práctica un programa comprensivo y racional de largo aliento en el control de inundaciones y conservación del suelo. Esto se aplicará en cada hoya hidrográfica desde la cumbre de las líneas divisorias de aguas, hasta el fondo de los valles, como también, en todas sus corrientes de agua. No es tan sólo un programa de ingeniería que comprenda arborestación y siembras racionales, sino que es la combinación integral del control de todo orden de factores que intervengan en la protección del suelo.

La aprobación de este programa ha sido apoyado por las cifras gigantescas que sostienen muy firme un proyecto de tantas proporciones; protege el 75% de los terrenos cultivables y cultivados, impide que se repita el fenómeno de desnudar los terrenos de cultivo en el resto del territorio, tomando como ejemplo los 14.200,000 de hectáreas que ya no sirven en absoluto en el cultivo. Además, esta aprobación, está reforzada por el ejemplo de los demás países que han dado el primer paso en su política protectora. Así la Unión Sud-Africana está desarrollando un programa muy parecido al de los Estados Unidos; Italia está empeñada en su enorme programa llamado «Bonifica Integrale» que se estima en U. S. $ 500.000,000. En este mismo sentido, Japón se ha preocupado del problema, protegiendo sus valles.

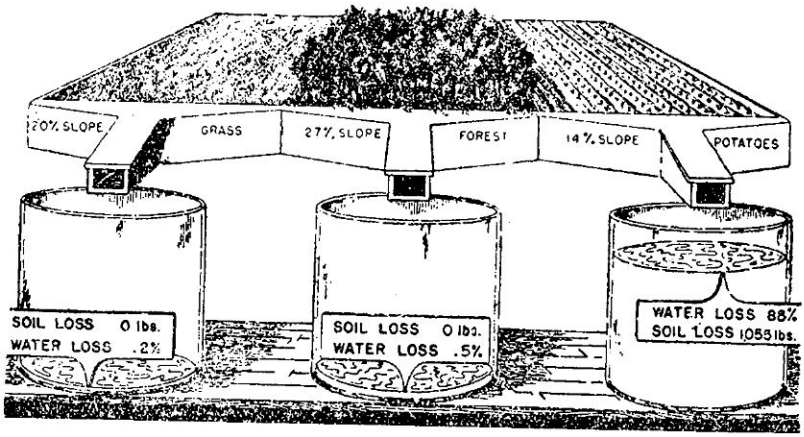
Se podría decir mucho más sobre la política protectora de los terrenos recién adoptada en los Estados Unidos. No lo creo propio en un trabajo que sólo da una mirada ligera al problema total, desde su origen hasta su solución; doy sin embargo la nómina de algunas publicaciones que tratan extensamente este punto.



Vertedero de troncos que ayuda la sedimentación aguas arriba e impide la erosión

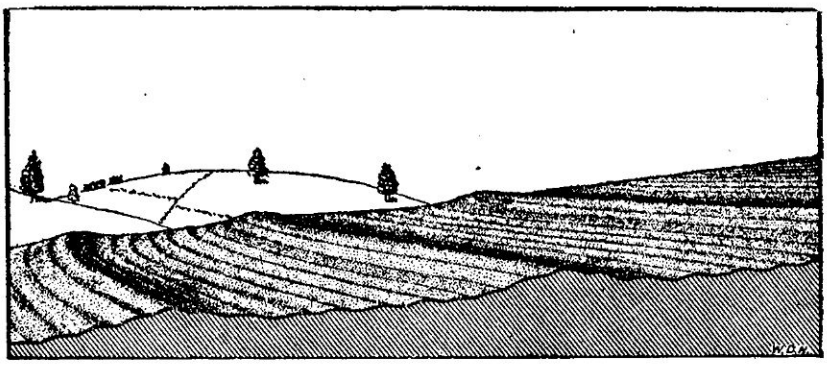


Principio de erosión seria en terrenos de pendiente

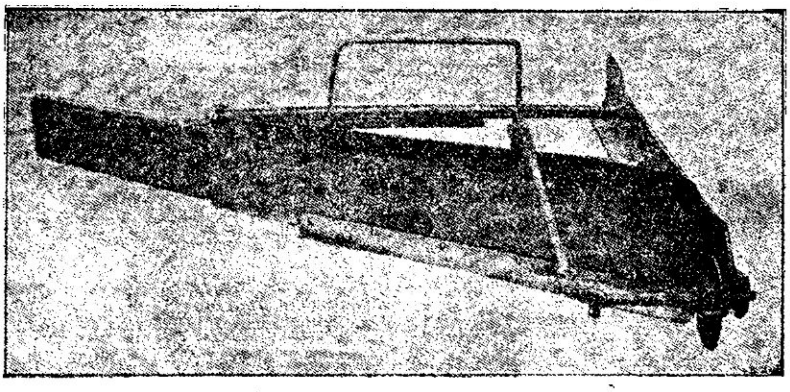


Comparación de las pérdidas de terreno y agua en diferentes cultivos

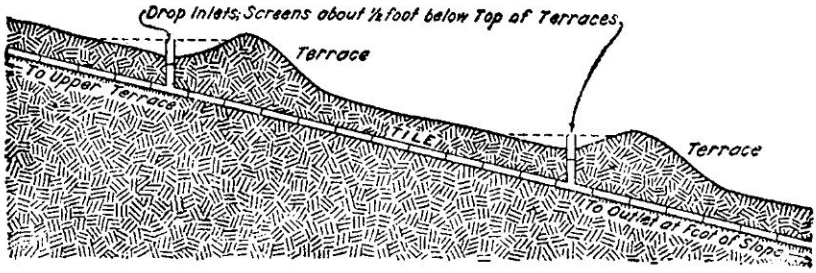
Cultivo en terrazas, canal de drenaje entre terrazas



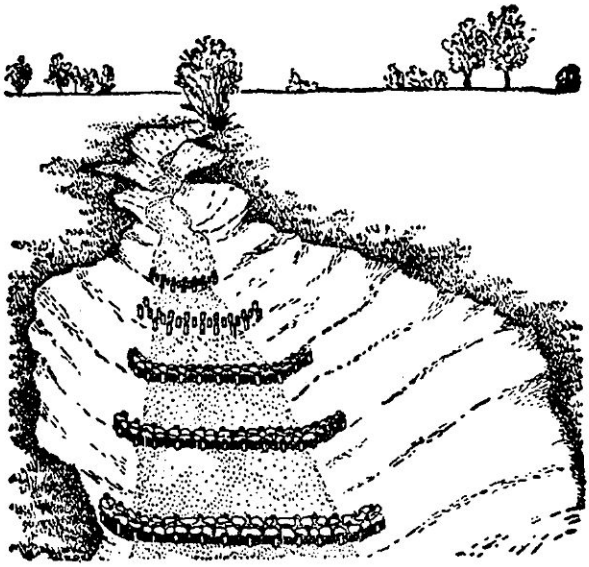
Croquis de cultivos en terrazas



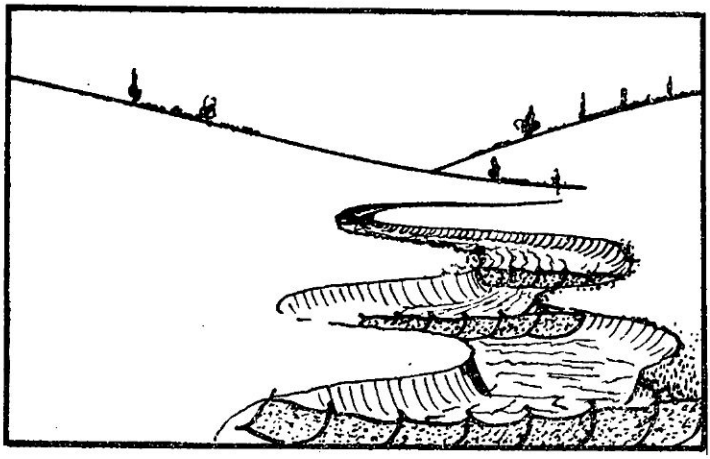
Maquinaria para la ejecución de terrazas



Método de drenaje en terreno de pendiente con cultivo por terrazas



Represas en serie para evitar el avance de erosión profunda



Sacos de aserrin puestos en una Zanja en comienzo

OBRAS CONSULTADAS

The cost of soil erosion with control suggestions.—By Mr. H. H. Bennett.—Director, Soil Erosion Service, U. S. Department of the Interior.
Soils of the United States.—By Mr. Curtis Marbut.
Soils of the Shevandoah river terrace.—By Mr. H. H. Bennett.
The soil and agricultury of the Southern States.—By Mr. H. H. Bennett.
Soils of the prairie regions of Alabama and Mississippi.—By Mr. H. H. Bennett.
Soil survey of New Jersey.—By Mr. Austin Patrick.
A problem of soil in Transportation in the Colorado River.—1934.—Paper to the Am. Soc. C. E.
Characteristics of Yellow River silt.—1922.—Paper to the Am. Soc. C. E.
Forest and stream flow.—1934.—Paper to the Am. Soc. C. E.
Silt deposited on the Great Yangtze Bar.—1929.—Paper to the Am. Soc. C. E.
Silt transportation by Sacramento and Colorado Rivers and by Imperial Canal.—1930.—Paper to the Am. Soc. C. E.
Silting and life of Southwestern Reservoirs.—1931.—Paper to the Am. Soc. C. E.
Silting of the lake at Austin, Texas.—1929.—Paper to the Am. Soc. C. E.
Volume of silt carried by Colorado River.—1925.—Paper to the Am. Soc. C. E.
Maximum recorded floods in American Rivers.—1924.—Paper to the Am. Soc. C. E.
Flood problems in the arid region.—1922.—Paper to the Am. Soc. C. E.
Flood Control on the River Po in Italy.—1930.—Paper to the Am. Soc. C. E.
Beach erosion. Its causes and cure.—By Mr. Henry Clay Ripley.—1924.—Am. Soc. C. E.