

# LA CONSERVACION DEL SUELO Y DEL AGUA

Por JOSE MANUEL PERTIERRA, Catedrático de Química Técnica en la Universidad de Barcelona.

*Consideramos de interés la exposición que hace el autor del tema del epígrafe y de la atención que se le viene dedicando en muchos países, cuyo ejemplo propone que sea seguido por el nuestro, creando el Servicio Nacional de la Conservación del Suelo y del Agua.*

La persistencia con que las inundaciones, ya clásicas, de Murcia, y otras calamidades hidráulicas nacionales — el río Ebro con estiajes de unos centenares de metros cúbicos y avenidas de 12 000 m.<sup>3</sup>, o el Esla con crecidas de 3 000 m.<sup>3</sup>/seg. y estiajes de sólo un m.<sup>3</sup> —, que suelen explicarse oficialmente como originadas por las lluvias torrenciales, nos anima a solicitar un espacio en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS para dar mayor difusión al tema que tratamos de introducir en España: la conservación del suelo y del agua y su influencia en la fertilidad, en las deficiencias en la nutrición vegetal, animal y humana, y su relación con la salud y vitalidad nacional.

Científicamente no podemos hablar en España de lluvias torrenciales desde el momento en que no existen medidas comparativas en el Servicio Meteorológico Nacional o publicadas por otros observadores, según nuestro saber, acerca de la cantidad de agua precipitada por unidad de tiempo durante los aguaceros o lluvias torrenciales a los efectos cuantitativos. Sólo hay datos de la lluvia caída, durante los períodos de ocho horas, en las tres observaciones que diariamente realizan las estaciones meteorológicas.

Nuestras determinaciones en el período de 1944-46, en la Universidad de Santiago de Compostela, señalan que las lluvias intensas tienen lugar allí con una gran diversidad de intensidad total y diferentes velocidades máximas, pero que agrupadas, según valores medios, en clases de 12, 25, 35, 50, etc. milímetros/m.<sup>2</sup>, se obtiene para la línea velocidad de precipitación en mm./hora, en función de la duración de la tormenta en minutos, curvas de desarrollo muy similar en las diversas clases, excepto para el máximo alcanzado. La duración media de la lluvia torrencial casi nunca es allí superior a noventa minutos. Además (fig. 1.<sup>a</sup>), la velocidad máxima se alcanza, en todos los casos, en la primera parte de la tormenta, y esta velocidad máxima raramente se mantiene durante un período superior a diez minutos. Como se deduce de la semejanza de las curvas (fig. 1.<sup>a</sup>), las velocidades máximas de lluvia crecen con el volumen total de agua precipitada o intensidad de la tormenta (fig. 2.<sup>a</sup>), deduciéndose que la velocidad máxima de lluvia crece regularmente en 5,3 mm. por cada incremento de 10 mm. en la lluvia total.

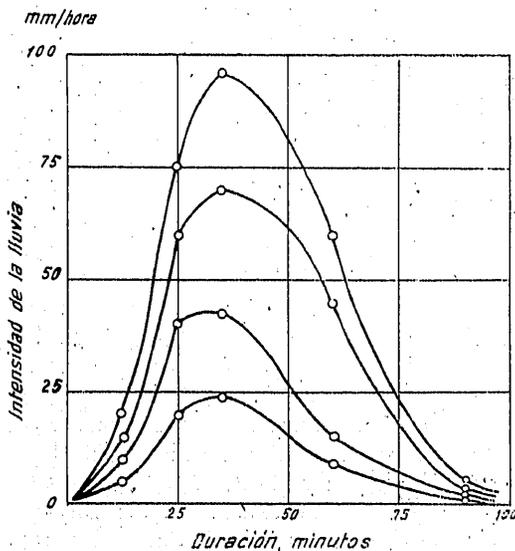


Figura 1.<sup>a</sup>

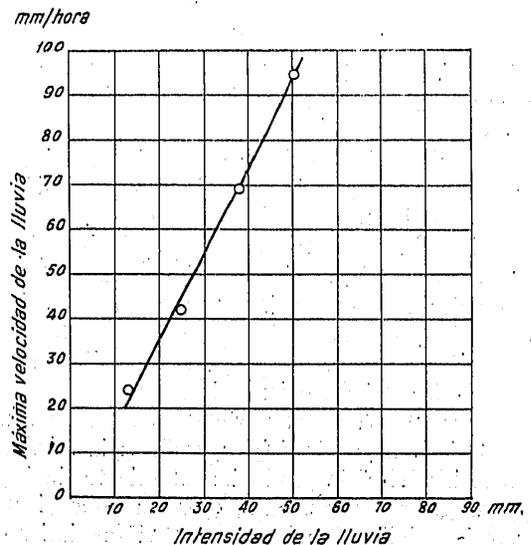


Figura 2.<sup>a</sup>

Tampoco existen datos cuantitativos para la esorrentía en los diversos suelos nacionales, que constituye la fase final del ciclo hidrológico.

Aunque la superficie de la Tierra sufre una erosión continua por la acción de los agentes atmosféricos, este proceso geológico fué considerado como normal hasta que en años aun recientes se inicia una corriente universal en el estudio de otro tipo de erosión. Estamos acostumbrados a considerar la actuación de los agentes de la erosión — agua, heladas y viento — sólo en los grandes períodos de tiempo, más bien geológicos que históricos. Y sin embargo, en muchos lugares de Tierra se producen cambios muy rápidos en su superficie, con destrucción del suelo, con graves resultados para la agricultura, la fertilidad de los campos y, finalmente, para la vitalidad del hombre.

Pensar en la conservación del suelo agrícola nacional equivale, por tanto, a asegurar la vitalidad y salud de los españoles, ya que todos nuestros elementos nutritivos proceden, directa o indirectamente del suelo. Si al mismo tiempo que conservamos el suelo conservamos un elemento tan vital para la vida humana, la agricultura e industria, como es el agua, podremos admitir todos sin ningún reparo, en la certeza del lema del Servicio de Conservación del Suelo del Departamento de Agricultura de Washington, que señala: "Una nación que destruye su suelo, se destruye a sí misma".

La destrucción continua del suelo agrícola nacional, que indiferentes contemplan, sin comprenderla, millones de españoles, es un ejemplo magnífico de la incapacidad social de las masas sin elementos directivos idóneos.

### La destrucción del suelo, en la Historia.

Que la destrucción del suelo agrícola, la pérdida de su fertilidad por el arrastre de elementos químicos nutritivos por la acción de las aguas o del viento, conduce a la extinción de las naciones, no es una mera hipótesis de algo que pueda ocurrir en el futuro, lo demuestra la destrucción o anulación de pueblos, que ha tenido lugar en el pasado, en los que la erosión del suelo fué el factor principal de la caída de aquellas civilizaciones e imperios, cuyas grandes ciudades, ahora en ruinas y rodeadas por el desierto, anuncian claramente lo que fueron entonces fértiles campiñas, capaces de proporcionar alimentos básicos a aquellas aglomeraciones humanas.

Los desiertos del norte de China, Persia, Mesopotamia y norte de Africa, señalan la misma trayectoria histórica de gradual agotamiento de los suelos, al aumentar la demanda ejercida sobre los mismos por las civilizaciones en auge, el crecimiento de la población humana y sobrepasar a su poder de recu-

peración de la fertilidad. La erosión del suelo sigue siempre a su agotamiento, provocado por una explotación demasiado intensiva, un pastoreo agotador y un abandono de su cultivo, con prácticas agrícolas improcedentes.

Lo que fueron lugares de origen de la civilización china, las fértiles regiones del Noroeste, aparecen ahora como un enorme campo de batalla carcomido por fuerzas más destructoras que las de las modernas máquinas de guerra. En vastísimas zonas, el suelo antes profundo y fértil, ha desaparecido arrastrado hacia las llanuras de los valles, a los cauces de los ríos y, finalmente, hacia el mar, dejando desnudo el subsuelo poco fértil o la roca madre. El río Amarillo transporta anualmente más de *dos mil quinientos millones* de toneladas de tierras hacia el mar Amarillo, situado a varios cientos de miles de kilómetros de los lugares donde tiene lugar la erosión del suelo y su destrucción.

Cuando se considera que el suelo agrícola se ha formado mediante un proceso de desintegración química y física de las rocas, de un modo tan lento que puede señalarse un período hasta de cuatrocientos años para la formación de un gramo de tierra, y se estudia el ritmo tan acelerado de arrastre del suelo por las aguas de lluvia, una vez que se inicia la erosión, al faltar toda cubierta forestal o herbácea protectora, con cifras de arrastre determinadas experimentalmente en América hasta de 180 toneladas de tierra por hectárea y año o valores de 2,3 toneladas por mes y hectárea, de aportación sólida en el Guadiana Menor, según datos del Ingeniero de Caminos D. A. del Aguila (REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, pág. 28, 1930), se puede llegar fácilmente a la conclusión de que, una vez iniciada la erosión, la intensidad de la destrucción del suelo agrícola excede a la velocidad de su formación.

En Mesopotamia, el río Tigris, que hace siglos regaba y enriquecía el imperio babilónico y la Asiria, fluye ahora amenazador sobre un lecho elevado a causa de los sedimentos arrastrados desde los suelos en erosión de las laderas cercanas, donde el hombre, buscando nuevos campos de cultivo, cortó y deforestó los primitivos bosques. La consecuencia fué la formación de avenidas ingobernables que, erosionando el suelo, cegó y arrasó las obras de regadío y terminaron por asolar el país.

En Siria pueden hallarse las mayores ruinas del mundo antiguo, tales como Baalbek y Jerash. Para un conservacionista del suelo, las ruinas más sorprendentes se encuentran en el cementerio formado por más de "cien ciudades muertas". En una zona de casi 500 000 hectáreas en el norte de Siria, situada entre Aleppo, Antioquía y Hama, muestra la erosión su mayor triunfo. Se encuentran allí las ruinas de villas y ciudades sobre las laderas que han perdido varios metros de espesor de suelo primitivo. La prue-

ha de ésto se halla en la situación de los umbrales de las puertas, situadas ahora a varios metros sobre la roca desnuda.

La erosión logra su triunfo y extiende su espantosa destrucción sobre un paisaje primitivamente próspero, como puede juzgarse por las ruinas de las ciudades tan espléndidas como El Bare. En realidad, estas ciudades están tan muertas como la tierra que las rodea, y sin esperanza posible de resurrección por haber desaparecido, no sólo el suelo, sino también el subsuelo. Estas ciudades no han muerto al ser enterradas como Pompeya, sino que la vida ha desaparecido de ellas al perder el suelo circundante en un proceso irreversible de erosión. La tierra fué arrastrada por las aguas de lluvia, debido a prácticas agrícolas inadecuadas o por un excesivo pastoreo que destruyó la cubierta vegetal que protegía al suelo. Quedan aún pequeños huertos de tierras contenidas por los muros de edificios arruinados o en los restos de las primitivas terrazas cultivadas, donde crecen olivos y viñedos, que eran los cultivos más importantes del país que enviaba abundante aceite y vino a la Roma imperial, y que señalan hoy que la muerte de aquellas tierras no puede ser achacada a las variaciones climáticas, como se ha pretendido.

Otro ejemplo típico lo constituye la tierra de promisión de Palestina. Moisés, hace tres mil años, prometía a sus seguidores (*Biblia*, Deuteronomio VIII, 79) "un país de arroyos de agua, de fuentes y pozos; una tierra de trigo y cebada, de viñas, higueras y granados; una tierra de olivos y miel de abejas". Esta tierra de promisión, que nadaba en leche y miel, ha sido devastada por la erosión del suelo en tal forma, que el suelo ha sido lavado y arrastrado en más de la mitad del área total. "Palestina no podrá nunca ser restaurada a su condición original como tierra de promisión", dice W. C. Lowdermilk, del Soil Conservation Service de Washington; sin embargo, puede mejorar algo sobre su condición actual, como lo demuestra el espléndido trabajo de las colonias judías con técnicas agrícolas americanas, que laboran sobre el 5 por 100 del área total.

El norte de Africa está cubierto de aterradoras ruinas de ciudades y villas, en otro tiempo opulentas y muy pobladas, así como de obras de la época romana. Un siglo después de la destrucción de Cartago, en el año 146 a. de C., Roma inició la colonización del norte de Africa y estableció, en el correr del tiempo, varias ciudades importantes situadas en zonas trigueras y olivareras. Después de la invasión de Roma por los vándalos, su poder se debilitó y los bereberes capturan algunas de aquellas ciudades hacia el año 430 d. de C. Luego fueron las invasiones de los árabes en el siglo XII, que por su carácter nómada y actividad pastoril, destruyen las tradiciones

agrícolas. Todo el norte de Africa debió tener una agricultura próspera y perfeccionada en cuanto a las prácticas de conservación del suelo y del agua, de las que existen restos.

El sorprendente contraste entre la condición próspera y populosa del norte de Africa en tiempos de Roma y su condición actual de decadencia, condujo a los primeros estudiosos a la creencia de que un cambio adverso de las condiciones climáticas era el responsable de la desaparición del granero de Roma. Pero las investigaciones de S. Gsell (*Histoire ancienne de l'Afrique du Nord*) y de E. F. Gantier (*Sahara, the great desert*), rechazan un cambio adverso de las condiciones climáticas desde la época romana.

La destrucción del suelo se inició con las grandes invasiones de los nómadas del desierto, y el resto fué obra de las condiciones climáticas del Mediterráneo. Generalmente caen intensas lluvias como tormentas, durante los meses de octubre a abril. El resto del año apenas hay lluvias y se alcanzan altas temperaturas, que destruyen la escasa cubierta vegetal del suelo que hayan dejado los hambrientos rebaños de ovejas.

En Centroamérica y en otras regiones de la Tierra existen ruinas de civilizaciones desaparecidas que señalan procesos análogos a los antes mencionados. Sería ingenuidad creer que nada de esto afecta a España, al vergel que cantó San Isidoro. La destrucción del suelo nacional es aterradora y millones de hectáreas sin fertilidad se van uniendo a los 72 000 kilómetros cuadrados de nuestras estepas.

La primera legislación para la conservación del suelo fué dada en Estados Unidos de N. A. en el año 1936. Actualmente son 31 los países donde existe tal legislación. Y España tiene que ser incorporada a esta corriente universal conservacionista, si lo que deseamos es conservar a nuestra Patria.

#### El programa de conservación del suelo en Norteamérica.

La formación del suelo por disgregación de las rocas suele mantenerse en equilibrio con la separación de las tierras desde la superficie, en el proceso lento de separación del suelo, llamado erosión natural o normal. Esta capa de suelo sobre la capa subsuelo, se mantiene con un espesor medio constante de unos 20 cm., y por causas desconocidas, no aumenta. En dicho suelo, más o menos cargado de materia orgánica, humus, y formado por materiales: arena, arcilla, minerales en forma de granos finos, tiene su asiento una numerosísima flora y fauna microscópica que sostiene su fertilidad. Cuando la superficie del suelo agrícola está desnuda por faltar la cubierta vegetal, forestal o herbácea, como ocurre no sólo en los

suelos abandonados de todo cultivo, sino también en diversas clases de cultivo o en el barbecho con excesivo pastoreo, el suelo se halla expuesto por entero a la acción directa de las gotas de lluvia. La separación acelerada de suelo por la acción del agua de lluvia y del viento, por las aguas de escorrentía, recibe la denominación de erosión del suelo o erosión acelerada. Y constituye el agente más eficaz de empobrecimiento y de destrucción de un país, por lo solapado de su acción.

Considerando que las primeras publicaciones acerca de la determinación experimental de la intensidad de la erosión, fueron dadas en el año 1930, se puede comprender cuán víctimas solemos ser de nuestros hábitos e ideas fijas. Nuestros antepasados creyeron, indudablemente, que los terrenos fértiles eran inagotables y sin límites. Los ríos cargados de tierras casi todo el año y las grandes crecidas arrastrando enormes cantidades de materias minerales y orgánicas desde los suelos, que se empobrecen, no era comprendido, ni explicado, ni publicado apenas, aunque éstos son materiales lavados desde los suelos, de sus capas más superficiales, precisamente aquellas capas donde la mineralización es más intensa y la cantidad de materia orgánica y de vida microbiana, asiento y sostén de la fertilidad, más considerable.

El descubrimiento de la llamada erosión acelerada en láminas, se atribuye en América a H. H. Bennett, actual director del Servicio de Conservación del Suelo, de Washington, el cual publicó, con W. E. McLendon, en el año 1905, un estudio acerca de la pobreza de una zona de Virginia (Soil Survey, Louisa County, Virginia U. S. Bur of Soil, Field Per). El suelo de dicha región es, por naturaleza, pobre, y está formado por la descomposición de esquistos ricos en talco. En muchas partes de dicha región los cultivos en laderas han empobrecido a los suelos por la erosión de las aguas de lluvia. Sin embargo, las zonas forestales que nunca han sido taladas para dedicarlas al cultivo agrícola, contienen una capa rica en humus de suelo.

H. H. Bennett señaló cómo las lluvias intensas habían producido en los terrenos hondos cambios. La capa superficial había sido barrida en casi su totalidad y los cultivos se realizaban ya en la capa subsuelo, de menor fertilidad. Dicha publicación no despertó en Washington ningún interés porque tropezaba con ciertas teorías acerca de la fertilidad del suelo mantenidas como intangibles. Eran, sin embargo, las primeras medidas de las consecuencias de los desastrosos efectos de la erosión. Más tarde midió Bennett las mismas consecuencias en Fairfield County, en Carolina del Sur (U. S. Dept. of Agriculture, Bur. of Soil, Field Per, 1911). De 483 000 acres estudiados, cerca del 28 por 100 se hallaban tan dañados que dichos suelos habían perdido todo interés práctico y valor para el cultivo inmediato. Gran par-

te de la capa superficial de suelo había sido arrastrada en aquella zona, y como consecuencia, la población rural, que era de 29 442 habitantes en el año 1910, se ha reducido a 13 462 en el de 1940.

El interés de la nación comenzó a crecer después de otras publicaciones del Department of Agriculture de Washington, si bien de un modo lento, por la idea intencionalmente mantenida de la "indestructibilidad" del suelo. Por entonces, algunos especialistas de la naciente Ciencia del Suelo, la Edafología, llegaron a afirmar que "el suelo es riqueza indestructible e inmutable que posee la nación", y de que "el suelo es una riqueza que no puede agotarse, que no llegará a utilizarse hasta su fin". (Whitney M.: *Soils of the United States*, 1909. U. S. Dept. of Agriculture, Bur. of Soils, Bull. 55.)

Pero las experiencias que luego mencionaremos permitieron a Bennett señalar que "el suelo está sujeto a cambios tan amplios y demoleedores por la erosión de las aguas de lluvia, cuando no está sometido a prácticas agrícolas agotadoras, que como nación no podremos subsistir al correr de los siglos si desde ahora nosotros dejamos de conservar con el mayor cuidado cada uno de los restantes acres de suelo no destruido que aún poseemos". Pronto el Bur. of Soils publicó tres valiosos estudios experimentales acerca de la erosión del suelo por la acción de las aguas de lluvia, y otros trabajos sobre la acción erosiva de los vientos. (Davis, U. S. Dept. of Agric. Yearbook, 1913; McGee, Bull. 71, 1911; Lauderdale, Field Oper., 1910). Pero hasta el año 1930 no se inicia la investigación sistemática de los problemas de la erosión, en virtud de la Ley Buchanan, que proveyó de fondos para la creación de estaciones regionales destinadas a medir la intensidad de la erosión, las pérdidas de suelo y de agua en los terrenos inclinados y con diversos tipos de vegetación y cultivo. Se crearon 10 estaciones, donde se han efectuado más de 100 000 determinaciones experimentales.

### Formación de una conciencia nacional del problema de la erosión.

No todos los hechos pueden ser fácilmente comprendidos o aceptados por el pueblo, sobre todo si éste es como el campesino, formado en un espíritu tradicionalista y de conciencia segura acerca de la permanencia de las cosas naturales que diariamente contempla. Así ocurrió en Norteamérica, donde el pueblo hubo de ser educado por los organismos oficiales, con la cooperación, además, de otras entidades — Bancos, ferrocarriles, periódicos, asociaciones cívicas y escuelas —, sobre la trascendencia y peligro que para la Nación representaba la erosión.

Hace aún sólo veinte años, apenas era tratada la erosión de la cubierta superficial de los campos. El

subsuelo puede ser regenerado mediante el cultivo adecuado, la siembra de hierbas y leguminosas, que los pueden enriquecer en materia orgánica y nitrógeno, pero generalmente el subsuelo es menos productivo que la capa superficial. Un ejemplo numérico lo demostrará. Un suelo arcilloso de Carolina del Sur produce 950 libras de semilla de algodón por acre, como valor medio de tres años, mientras que el mismo terreno, después de perder la capa de suelo superficial, de unos 15 cm. de espesor, sólo produjo 290 libras de semillas. La desaparición de una pequeña capa de suelo determina una pérdida de la inmensa cantidad de microorganismos que allí laboran constantemente para sostener la fertilidad, y una gran masa de iones intercambiables allí existentes en mayor concentración que en otras capas más profundas.

Los animales y las plantas exigen, para su desarrollo normal, cierto número de elementos químicos; los necesarios para los animales son proporcionados por las plantas con las cuales se alimentan. Por esto, las plantas son el intermediario por el cual cierto número de elementos químicos de las rocas disgregadas en el subsuelo y suelo; pasan a las plantas, formando combinaciones asimilables por los animales y el hombre. Existe una diferencia notable entre la composición química del suelo y la de las plantas y animales. El calcio, por ejemplo, se halla en el suelo, plantas y hombre, aproximadamente en la relación 1:8:40; para el fósforo, la relación es 1:140:200, y la del azufre es 1:30:130, respectivamente. Las plantas tienen la facultad de seleccionar y asimilar ciertos elementos químicos, sin consideración a la relativa abundancia de los mismos en el suelo. Los animales también poseen esta facultad, aunque en menor grado. Así, los elementos más abundantes en la corteza terrestre — silicio y aluminio —, solamente existen en trazas en los cuerpos de los animales y del hombre. Los animales exigen grandes cantidades de sodio y cloro y trazas de iodo y cobalto, pero no se ha demostrado que estos elementos sean necesarios para la vida de las plantas. Por otro lado, el boro y el molibdeno son elementos químicos esenciales para la vida de las plantas, pero no para la de los animales.

Antes de que los suelos fueran explotados y parte de su fertilidad perdida por el lavado de las aguas de lluvia al ser desforestados o desprovistos de toda cubierta vegetal, no serían frecuentes las deficiencias de elementos químicos en el suelo y en las plantas. Ahora, la situación es inversa y cada día conocemos, más y mejor, que los suelos lavados por el agua han perdido sales solubles, y al hallarse deficientes en algunos de los iones minerales, provocan serios problemas a la perfecta nutrición de las plantas, y por tanto, de los animales y del hombre. Puede afirmarse, sin temor a verse rectificados, que en muchos ca-

sos el letargo mental y físico de nuestros campesinos débese a una gran deficiencia en su alimentación de los elementos minerales y de vitaminas. A un grupo de estudiantes de la Universidad de Santiago de Compostela, fué examinada en nuestro Laboratorio el contenido en vitamina C excretada en la orina. Ninguno llegó al nivel de 15 mgr. por día, que sería, según Sherman, el índice de hallarse el organismo bien satisfecho en sus necesidades diarias de dicha vitamina, no almacenable en el mismo.

En algunas zonas de Florida (U. S. A.), de suelos ricos en fosfatos, solamente el 3 por 100 de los niños presenta síntomas de raquitismo, mientras que en otras zonas próximas donde no existe aquella condición de los fosfatos en el subsuelo, el 96 por 100 de los niños padecen de raquitismo en sus primeros años. Este resultado, y otros más, han señalado definitivamente la estrecha relación entre la composición química del suelo y las enfermedades llamadas carenciales y la anemia y raquitismo. En suelos con deficiencias minerales, bien por su origen, caso raro, o por haber perdido por la acción erosiva de las aguas elementos químicos en forma de iones intercambiables o solubles, se hallan valores de 52 a 96 por 100 de niños con raquitismo (Frank A. Gilbert: *Mineral Nutrition of plants and Animals*, University of Oklahoma, 1949).

Las diferencias tan considerables entre los individuos jóvenes en edad militar procedentes de diversas regiones del país, en cuanto a defectos del corazón, sistema vascular, dientes y huesos, difícilmente puede ser atribuida a otras causas que a las diferencias en elementos químicos y vitaminas de sus alimentos, sostenidas durante muchos años. (L. G. Rointree: *Science*, 94, 552, 1941.)

Las plantas sufren también, como las personas y los animales, enfermedades por carencia de ciertos elementos químicos escasos o no existentes en forma asimilable en los suelos. Del grupo clásico de elementos químicos necesarios a la vida vegetal, según Liebig: nitrógeno, fósforo y potasio, se ha pasado a otro más numeroso, al comprobar la presencia hasta de 60 elementos químicos en las plantas de los 92 conocidos, si bien la mayoría interviene en cantidades pequeñísimas, y casi un tercio son realmente elementos esenciales para la vida de la planta. (W. O. Robinson: *Soil Sci.*, 60, 15, 1945.)

La erosión del suelo, al arrastrar por las aguas elementos químicos necesarios, determina las enfermedades carenciales en las plantas. Por ejemplo, el boro, del que suele encontrarse en los suelos hasta 10 y 60 partes por millón de tierra, sólo es boro disponible por las plantas, o sea, en forma soluble en agua o iónica, de 0,2 a 2,6 partes por millón de suelo. Pero la complejidad del problema es aún mayor cuando se considera que en todos los casos estudiados se encuentra en la superficie del suelo doble can-

tividad de boro asimilable que en el subsuelo. Por esto, el arrastre del suelo por las aguas priva a las plantas de una elevada cantidad de este agente catalítico de calidad.

La respuesta del suelo y del subsuelo al abonado químico y orgánico es diferente, lo que puede explicar casos extraños observados por los agronomistas. Un suelo que no ha perdido la capa superficial por la erosión y que fué abonado químicamente y con plantas leguminosas enterradas en verde, produjo 1 123 libras de semillas de algodón, contra 759 libras obtenidas de un subsuelo por haber perdido la capa superficial. Para otros suelos la productividad del maíz varía en la relación de 1 a 42 para el suelo erosionado y el que no lo está. Es curioso señalar que el resultado de los análisis químicos del suelo y del subsuelo eran casi idénticos, excepto en materia orgánica y nitrógeno, así como en iones intercambiables que se encuentran en el subsuelo en menor cantidad.

### El Servicio de Conservación del Suelo, de Wáshington.

A pesar de toda la preparación y ambiente que, para la creación de un Servicio Nacional de Conservación del Suelo, había sido acumulado paciente-mente durante muchos años, nada había sido realizado siguiendo un plan coordinado e intenso. Los pueblos necesitan; para romper viejas amarras y tradiciones, de grandes cataclismos. Así sucedió en Estados Unidos de N. A., con las tormentas de polvo o *dust bowl*.

Durante el año 1930, las tormentas de polvo en las grandes praderas del Sudoeste, comenzaron a causar, por su carácter trágico, considerable inquietud. En enormes extensiones de los Estados de Nuevo México y Texas, se produjeron tormentas de polvo que arrastraron grandes masas de tierra a largas distancias. Las praderas naturales habían sido roturadas para destinarlas a la producción de trigo. Unos años de continuada sequía había arruinado aquellos cultivos, y el suelo, abandonado, estaba sin cubierta vegetal. Este proceso erosivo del suelo por la acción del viento tiene un desarrollo similar al causado por las aguas: una vez iniciado, se desarrolla con intensidad rápidamente creciente. Así, en el año 1935 se registraron 40 tormentas de polvo; en el año 1936 se elevaron a 68, y aumentó a 73 en el año 1937.

El actual Servicio de Conservación del Suelo, de Wáshington, inició sus tareas en septiembre de 1933, ante el gran desastre que venían causando las tormentas de polvo. Ha sido norma del citado Servicio establecer, desde sus comienzos, campos de experimentación y demostración, de modo que los campesinos habitantes en las zonas erosionadas puedan

asistir, desde un radio de unas 50 millas, para ver y comprender los trabajos de conservación.

El día 26 de febrero de 1937 se aprobó la ley más decisiva para el citado Servicio: la Ley creadora de los Distritos (A Standard State Soil Conservation Districts Law), según la cual, al declararse por el Estado, de común acuerdo con los agricultores y otros interesados en el aprovechamiento del suelo y de los ríos, que tal zona, distrito o cuenca hidrográfica se halla en situación de erosión intensa, queda desde entonces todo *interés particular supeditado al interés nacional*, cual es el de conservar el suelo y su capacidad productiva, y como veremos luego, conservar el suelo equivale a conservar el agua.

En julio de 1947 habían sido establecidos 1 865 distritos para la conservación del suelo en los 48 Estados de la Unión Norteamericana y Puerto Rico. El área total aproximada sometida a los servicios de conservación del suelo era de 1 002 968 000 acres (400 millones de hectáreas). Cinco Estados y Puerto Rico se hallan enteramente sometidos a las prácticas obligatorias para la conservación del suelo y del agua.

La impresionante cifra de 4 400 000 granjas de los Estados Unidos se hallan incluidas en aquellos distritos sometidos obligatoriamente a las prácticas agrícolas conservacionistas. Y se espera que para el año 1960, la mitad de la superficie total del país estará dentro de dichos planes.

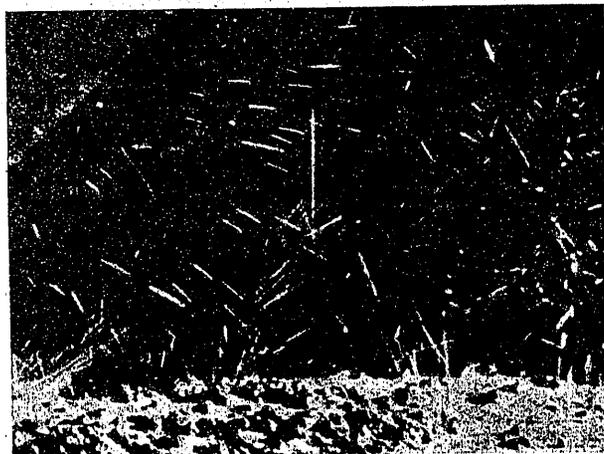
La idea de tratar los suelos, desde el punto de vista de mantener de un modo permanente su capacidad productiva durante su explotación y uso, no es tarea fácil cuando se considera, como señala Bennett, que no existen dos parcelas de suelo que sean enteramente idénticas, lo que exige el conocimiento de cada campo.

En la batalla contra los suelos erosionados ha resultado de sorprendente utilidad un grupo de leguminosas, entre ellas las Lespedezas perennes y la planta japonesa Kudzu (*Pueraria thumbergiana*), especialmente aplicada en la defensa de taludes de carreteras y ferrocarriles. Además, este grupo de leguminosas forrajeras se aplica a terrenos pobres, demasiado pendientes o erosionables en exceso, para ser destinados al cultivo, proporcionando así excelentes cosechas de forrajes ricos en proteínas para la alimentación del ganado. Estas cosechas de forraje mantienen y mejoran el suelo al enriquecerlo en nitrógeno y también en materia orgánica, retardan la escorrentía y reducen los arrastres de tierras al favorecer la infiltración. La semilla de Kudzu ha sido importada ya en España por nuestra indicación, y actualmente se está procurando la obtención de semillas en cantidad para proceder a su difusión. Los Ingenieros de Caminos hallarán en esta leguminosa un excelente medio para la corrección de taludes y su contención en los terrenos húmedos o secos.

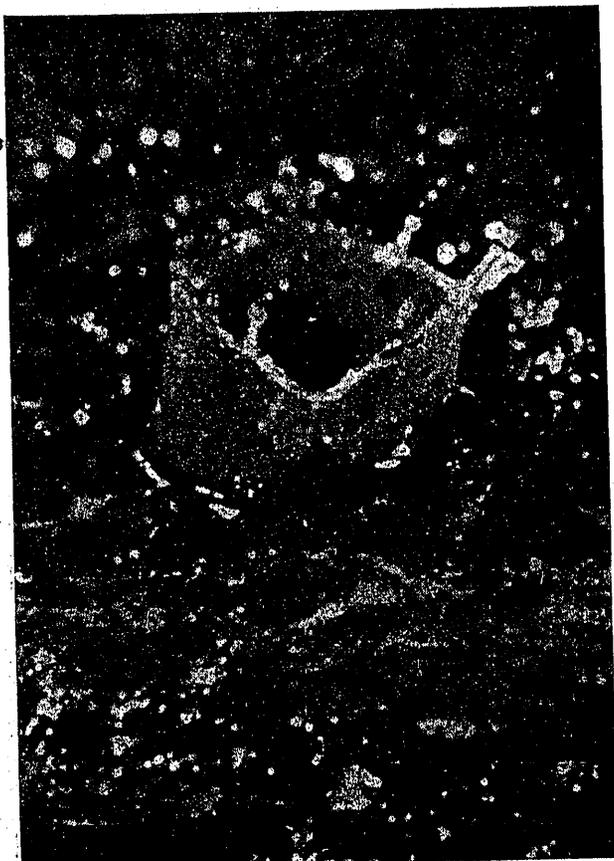
La importancia de mantener cubierto el suelo en

todos los lugares en pendiente significa la exclusión de un tipo de erosión recientemente descubierto: la erosión causada por los impactos de las gotas de lluvia y que W. D. Ellison (*Scientific American*, noviembre 1948; *Agricultural Engineering*, 1947; *Trans. Amer. Geophysical Union*, 26, 415, 1945) ha puesto de manifiesto y estudiado cuantitativamente por vez primera.

Muchos lectores han observado el violento fenómeno de las gotas de lluvia intensa chocando contra el pavimento durante una noche, bajo la iluminación intensa de los faros de un coche. Las gotas se levantan después del choque en forma de surtidor. Sobre el suelo, desnudo de vegetación, los choques de las gotas de lluvia no sólo forman pequeños surtidores alrededor del impacto, sino que, además, estas gotitas de agua arrastran partículas de tierra. El desplazamiento del suelo, por las citadas salpicaduras, es una nueva forma de erosión. Tal fenómeno había merecido escasa atención hasta que Mr. Ellison lo estudió cuantitativamente, y no es nada despreciable cuando se considera que los impactos de las gotas de lluvia sobre un suelo desprovisto de cubierta vegetal puede



Múltiples efectos de las gotas de agua de lluvia cayendo desde gran altura sobre un suelo, observados mediante iluminación lateral. La trayectoria casi vertical de una gota de lluvia se aprecia en el centro de la figura. Cada choque de las gotas con el suelo produce cierto número de partículas de tierra arrastradas por las gotitas de agua, que describen trayectorias parabólicas. Esta película de agua es la que refleja la luz. Las trayectorias parabólicas señalan que el movimiento lateral de las partículas es casi cuatro veces la altura alcanzada por la trayectoria. Solamente algunas trayectorias se elevan a más de 40 cm. y por esto el 90 por 100 de las partículas caen a distancias máximas de 20 cm. desde el lugar del impacto de la gota de lluvia.



Fotografía ultrarrápida del choque de una gota de lluvia contra un suelo húmedo. La gota de agua levanta en el aire un pequeño cráter y numerosas salpicaduras de agua y partículas finas de tierra.

remover más de 200 (doscientas) toneladas de tierra por hectárea, lanzándolas al aire y quedando el suelo de este modo preparado para su arrastre por las aguas de escorrentía.

La energía cinética de una simple gota de agua es proporcional al producto de su masa por el cuadrado de su velocidad. Los tamaños y velocidades de las gotas de lluvia han sido investigados en los pasados cincuenta años (J. O. Laws, *Agric. Eng.*, 21, 431, 1940; *Trans. Amer. Geophys. Union*, parte III, 709, 1941). Nichols y Gray (*Agric. Eng.*, 22, 341, 1941) señala, al comentar la energía de las gotas de lluvia, que "la erosión se inicia por la gran fuerza de las gotas de lluvia cuando chocan contra la superficie del suelo". Según J. O. Laws, la velocidad de caída de las gotas de lluvia es de 30 Km./hora. Una capa de agua de 500 mm./año de espesor, cayendo sobre un área de una hectárea, significa, por tanto, unos 20 040 000 Kgm.; una cantidad de energía realmente terrorífica. La energía de una gota de lluvia es fácil de calcular. Pero no así la energía total de un aguacero o lluvia intensa. La energía disipada contra el suelo puede ser medida por las determinaciones de las cantidades de tierra salpicadas por las gotas.

Las experiencias efectuadas para conocer la forma de movimiento de aquella masa de tierra removida por las gotas de lluvia señalan que, en un suelo con 10 por 100 de pendiente, se observa que el desplazamiento de tierra hacia abajo es tres veces mayor que hacia arriba.



Resultado característico de la erosión por las gotas de lluvia. Se observan pequeñas columnas de tierra bajo las piedras o fragmentos de rocas. Estas piedras han protegido a la tierra contra la acción erosiva de las gotas de lluvia, mientras que el suelo no protegido ha sido arrasado por las aguas superficiales.

La preocupación obsesionante de conservar la capa superficial del suelo, además de estar justificada por su mayor riqueza en elementos nutritivos para la planta, se debe a su influencia sobre la capacidad del suelo para retener el agua. En un suelo cuya pérdida anual de la capa superficial es tan sólo de 2 Tn. por hectárea, su capacidad de toma de agua por infiltración es de 20 cm./hora. Pero si el mismo suelo ha sido erosionado, perdiendo 33 Tn. por hectárea y año, se produce entonces una notable disminución de la capacidad de infiltración para el agua, que se reduce desde 20 a 2,2 cm./hora. Al retardar la capacidad de percolación para el agua en el suelo, se produce, lógicamente, un aumento de la escorrentía, que causará inundaciones, avenidas o regímenes hidráulicos irregulares, y además, los arrastres de tierras hacia los cursos de los ríos, rellenando sus cauces y el aterramiento de los pantanos.

La sedimentación de tierras en la cola y en el pie de presa de los pantanos que embalsan aguas con aportaciones sólidas, representa un problema cuya trascendencia es preciso valorar en toda su magnitud, por cuanto afecta a los Planes Nacionales de Obras Hidráulicas.

En España, durante los actuales años de sequía, se han obtenido algunas indicaciones acerca de la intensidad de aterramiento en importantes obras hidráulicas del Pirineo catalán. En algún caso, la pérdida de capacidad de embalse alcanza ya a un quinto de la primitiva, y en un caso, a la importante reducción de un tercio respecto a la capacidad inicial.

En la obra de los Sres. Gómez Navarro y Aracil, *Salto de Agua*, vol. II, se menciona que en el embalse de Cueva Foradada el sedimento de tierra tenía un espesor de 13 m. Los pantanos construidos hace ya varios siglos en Almansa, Tibi, Elche, etc., han

perdido totalmente su capacidad de embalse por sedimentación de tierras. Los pantanos españoles, tales como los de Mencia, Muel y otros, están convertidos en prados o huertas. Los pantanos de Valdeinfierno y de Almonacid están completamente rellenos.

Igualmente ocurre en Norteamérica, en las zonas de intensa erosión del suelo. El pantano de McMillan, en el Sur de Nuevo Méjico, construido en el año 1890 para regadío, está casi lleno de sedimento e incapacitado para detener el agua de las grandes avenidas, hasta el punto de que fué preciso construir otro embalse en Alamo Gordo, en el año 1937, que debía sustituir al de McMillan. Pero también este último se encuentra ahora con una capacidad de embalse seriamente reducida por el aterramiento y se estima que quedará inservible dentro de veinte años.

La ciudad de Baltimore construyó un pantano de 1862, en Jones Falls, para el abastecimiento de aguas potables. En el año 1900 fué preciso dragarlo y limpiar de tierras sedimentadas, y finalmente fué abandonado en el año 1916. Un segundo pantano fué construido con el mismo fin en Gimpowder Falls, en el año 1881, y hubo de ser dragado en el año 1912 de 2 200 000 yardas cúbicas de sedimento. Otros dos pantanos de la ciudad de Baltimore se están aterrando con un ritmo más lento, quizás debido a su enorme capacidad de embalse, que es de 41 billones de galones, y lo reducido de la cuenca hidrográfica, que es sólo de 303 millas cuadradas.

Entre los numerosos datos publicados por el Servicio de Conservación del Suelo, de Washington, vamos a seleccionar unos pocos realmente impresionantes. La pérdida de suelo anual depende de la pendiente del terreno, de la naturaleza química del suelo, de su cultivo y clase de cosechas, de la cantidad de lluvia y de su distribución, frecuencia e intensidad de la misma, de las prácticas agrícolas seguidas para su cultivo, etc.

Con los datos de las cantidades de suelo arrastra-



Resultado de una lluvia de dos días de duración en un campo de trigo durante el invierno; formación de un surco, con arrastre de tierra, que irá aumentando en profundidad.

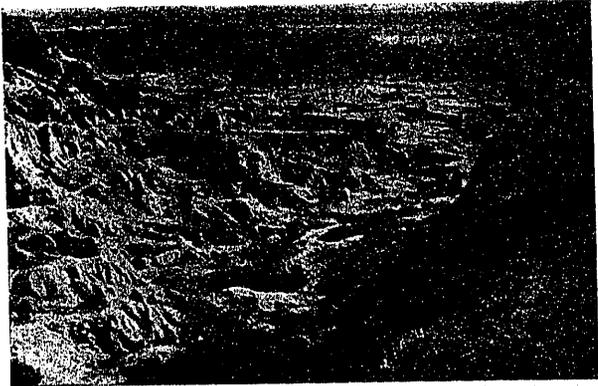
das por las aguas se han calculado para varios Estados norteamericanos las siguientes pérdidas de suelo por año, expresadas en espesores de suelo desaparecido:

ESTADOS	Perdida anual media mm.
Illinois .....	1,575
Indiana .....	0,85
Iowa .....	3,77
Míchigan .....	0,65
Minnesota .....	1,25
Missouri .....	2,20
Ohio .....	0,97
Wisconsin .....	1,85

Las pérdidas de suelo y de sus constituyentes más importantes, al aplicar las prácticas agrícolas conservacionistas y su comparación con los métodos de laboreo antiguos, se señalan en las cifras siguientes:

LABARCO	PERDIDAS POR HECTAPEA Y AÑOS				
	Suelo Kg.	Materia orgánica Kg.	Nitrógeno Kg.	Fósforo Kg.	Potasa Kg.
Conservación...	2 057	190	16,3	13,5	8,10
Antiguo .....	8 442	606	54,0	74,7	18,9

La materia orgánica contenida en el suelo arrastrado por las aguas de escorrentía es superior al doble de la cantidad original de materia orgánica en el suelo primitivo. La disminución del rendimiento de las co-



Suelos en erosión en el Estado de Punjab, India, donde existen unas 800.000 hectáreas de esta clase de terrenos. Cada rama de estos pequeños barrancos crece rápidamente como consecuencia de la falta de protección en las laderas inmediatas, en las cuales ha desaparecido toda la cubierta vegetal o herbácea.

sechas es de 4 a 12 por 100 por cada pulgada de suelo perdida.

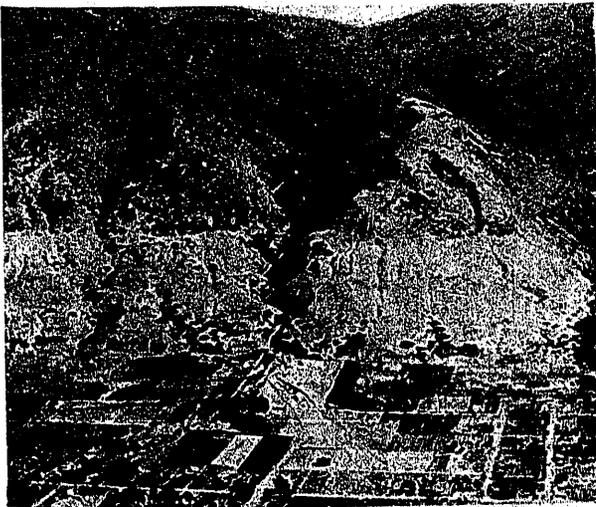
### Regularización de los ríos.

Las ideas nuevas sostenidas en las publicaciones del Servicio de Conservación del Suelo, de Wáshington, tienen que chocar, naturalmente, con otras ideas mantenidas durante muchos años y, por tanto, consideradas como irreemplazables. La afirmación de que el agua tiene que ser conservada en el suelo y subsuelo y no en los pantanos, si lo que se pretende alcanzar entonces es conservar el agua al mismo tiempo que el suelo, es un criterio que tardará aún cierto tiempo en imponerse, aunque esté basado en resultados experimentales irrefutables.

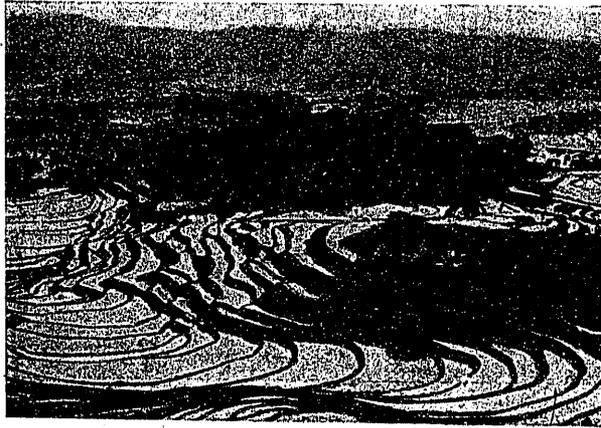
El control y regularización de los ríos, afirma Mr. Bennett, debe comenzar donde cae la lluvia y se origina la escorrentía. La regularización de los ríos termina cuando la escorrentía llega al Océano.

Durante los últimos veinte años, las pérdidas registradas a causa de las inundaciones y avenidas en los Estados Unidos de Norteamérica han sobrepasado los dos billones de dólares. Estas pérdidas alcanzaron el medio billón de dólares en el año 1937, principalmente en las cuencas del Mississippi y Ohio. Casi la mitad de aquella pérdida total tuvo lugar en el periodo de 1936-38, originando una gran corriente de opinión en pro de una legislación eficaz contra la erosión y la escorrentía excesiva.

El flujo de muchos ríos es muy irregular y varía de un modo diverso durante las estaciones del año. En gran parte, este resultado proviene de los diferentes valores de escorrentía. Así, en el año 1915, el río Cedar, en el Estado de Iowa, transportaba fuera de aquella cuenca el 31 por 100 del agua total de lluvia. En el año 1934, la cantidad de agua citada fué sólo



Ejemplo de una intensa erosión en las tierras elevadas de las colinas y laderas y sus consecuencias, por efecto del cono de deyección, sobre las tierras del valle, que también resultan destruidas.



Una vista de los campos de arroz en la provincia de Szechwan, cerca de Chungking, donde se practica desde hace siglos una agricultura conservacionista en terrazas, que ha sostenido su fertilidad, sin agotarla.

de 5,5 por 100. El río Suoto, en Ohio, presentó, en el período de 1914-18, una amplia variación en la escorrentía de aquella cuenca, según los diferentes meses del año. En el mes de marzo, el 90 por 100 del valor medio de la lluvia apareció en forma de escorrentía, mientras que en el mes de septiembre fué sólo del 5 por 100. En la región del Mississipi superior existen 550 embalses para la reserva de las aguas y regularización de los ríos. Las pérdidas de la capacidad de embalse representan 98 millones de dólares anualmente, a causa de la sedimentación. Y se alcanzan valores para dicha pérdida de capacidad de embalse del 5 por 100 por año.

Estos daños, así como el gasto de más de 20 millones de dólares exigidos por la purificación de las aguas destinadas al abastecimiento de las ciudades, están originados por las crecidas y la sedimentación, debidas a una escorrentía excesiva y, por tanto, a la erosión del suelo. Y esta erosión se produce, como hemos visto, cuando el suelo está desnudo de vegetación. El cultivo en terrazas o el trazado de surcos, siguiendo éstos las líneas de nivel del terreno, permiten reducir la escorrentía y aumentar la cantidad de agua infiltrada en el subsuelo. Un aumento de 20 mm. de agua disponible a las plantas mediante el cultivo en terrazas o con surcos siguiendo las líneas de nivel, eleva en 2 a 4 bushels (0,70 a 1,40 hectolitros) el rendimiento de trigo por acre, o sea un 20 por 100 sobre el rendimiento normal.

Según afirma Bennett en el *Yearbook of Agriculture*, de 1948, el esfuerzo de prevenir las avenidas de los ríos, que causan en los Estados Unidos de Norteamérica 250 millones de dólares al año de pérdidas en cosechas, vidas humanas y otros daños, no consiste solamente en instalar grandes obras de ingeniería hidráulica a lo largo de los cursos de los ríos de regímenes irregulares. Debe consistir, además, en el tratamiento de la superficie del suelo, de tal modo, que

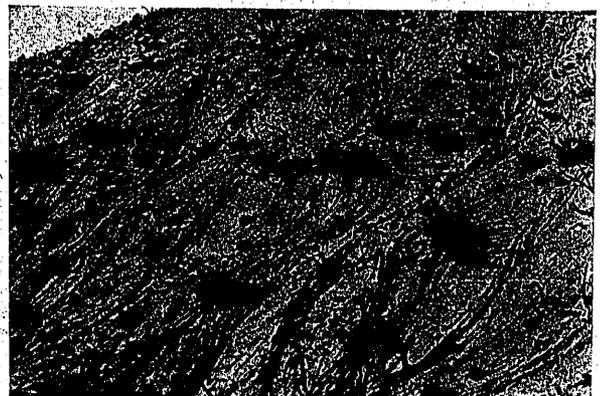
pueda obtenerse el máximo de infiltración, en consonancia con el adecuado empleo de dicho suelo para la producción de cosechas, de pastos o bosques. Por tanto, la escorrentía tiene que ser ordenada ya desde sus comienzos, estabilizando de este modo la cuenca hidrográfica y deteniendo temporalmente los grandes valores de escorrentía mediante diques y lagos.

Esta ordenación incluye también el control de los arrastres de tierras por las aguas. Ya desde el año 1936, el Departamento de Agricultura de Washington se ocupa, a través del "Soil Conservation Service" y el "Forest Service", de la regularización de los ríos, con la misión de retardar la escorrentía, aumentar la capacidad de infiltración en los suelos y de controlar la erosión en aquellas cuencas hidrográficas donde tiene lugar la formación de las grandes avenidas.

Ya en la ley original creando el "Soil Conservation Service" (Public. núm. 46, 74th Congress, 1935), se declara que ha de ser política del organismo la de "procurar el control y prevenir la erosión del suelo para preservar de este modo las riquezas y recursos naturales, regularizar los ríos, evitando el aterramiento de los pantanos, y la de mantener la navegabilidad de los ríos y canales".

Vemos así que la regularización de los ríos no es tarea separada del programa de conservación del suelo y del agua.

No existe ningún conflicto entre los que mantienen el criterio de la necesidad de grandes obras hidráulicas, que contengan las avenidas para la regularización de los ríos, en las cuencas hidrográficas fuertemente erosionadas durante varios siglos, y el criterio moderno de la urgente aplicación de las prácticas agrícolas conservacionistas, recomendadas para la retención del agua por infiltración en el subsuelo y la conservación del suelo. Ni una sola de estas medidas proporcionará la máxima protección posible en cualquier parte de una cuenca hidrográfica, ni un sencillo tratamiento del suelo conducirá a la adecuada protección de todas sus zonas.

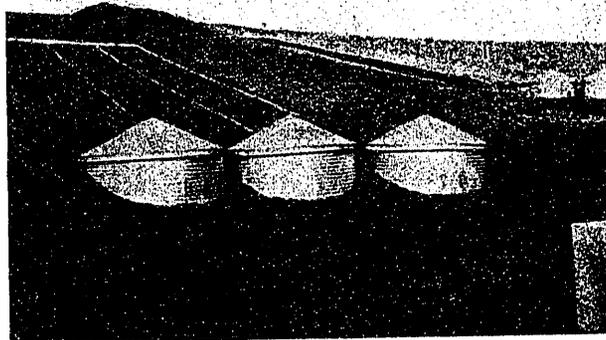


La destrucción, por el fuego, de la cubierta vegetal y herbácea en esta ladera, en California, ha provocado en el suelo desnudo la intensa erosión que la ha dejado sin ninguna protección contra las intensas lluvias.

Un pantano proporciona una protección completa al valle hasta cierta distancia aguas abajo, para todas las crecidas, excepto aquellas excepcionales. Pero la cuenca hidrográfica aguas arriba deberá recibir un tratamiento adecuado que conduzca a un control de la escorrentía. Este tratamiento es necesario para disminuir los daños causados por las avenidas aguas arriba del embalse, a lo largo de los afluentes pequeños y desordenados. Generalmente, los daños causados por estos pequeños afluentes en los valles de gran pendiente exceden, frecuentemente, al perjuicio provocado a lo largo del curso principal que lleva el agua recogida en la totalidad de la cuenca.

Por otro lado, el tratamiento adecuado de la cuenca hidrográfica aguas arriba del embalse, es, sobre todo, el mejor medio de disminuir la sedimentación en el curso del río principal, y por esto, el modo de asegurar una larga vida a los embalses. Además, almacenar más agua en los suelos y retardar su escorrentía contribuye a elevar la eficacia de cuantas medidas se efectúen para la regularización de los ríos.

Es frecuente la observación de cómo el agua de lluvia fluye clara o casi transparente desde los campos cubiertos de hierba. Por el contrario, el agua nunca fluirá clara desde un suelo no protegido por una cubierta vegetal o forestal, o sea desnudo y en pendiente. El agua será cenagosa y el cieno está formado por el suelo lavado. Y no debe olvidarse la gravedad de estas pérdidas, ya que los análisis químicos han revelado que el material lavado desde los campos de experimen-



Dispositivos para la recogida de las tierras y aguas de escorrentía desde las bandas de suelo inclinado en una ladera. Dichas bandas de suelo reciben diferentes cultivos para conocer su influencia sobre dichos arrastres.



Los arrastres de suelo desde los campos cultivados con prácticas agrícolas improcedentes, ha terminado por rellenar y destruir este pantano, construido en Los Padres, Forest National, California.

tación por las aguas de escorrentía posee, en un caso, 4,7 veces más materia orgánica, 5,0 veces más nitrógeno y 3,1 veces más fosfatos y 1,4 veces más potasa que el suelo de donde procede la erosión. Los métodos ya *standard* para la determinación de las pérdidas de agua de escorrentía y de suelos por erosión deberían ser aplicados en España por las Divisiones Hidráulicas como base para la obtención de datos que permitan valorizar en toda su magnitud el trágico problema de la destrucción del suelo nacional por erosión. España, el segundo país de Europa después de Suiza en montañas, presenta, a lo largo de sus colinas y laderas, tremendos síntomas de la destrucción de su suelo en el paisaje lunar de Aragón y Andalucía, en las ramblas mediterráneas y en sus montes desnudos de vegetación.

En la destrucción del suelo de España ha intervenido una organización formada por las Hermandades de Ganaderos, las Mestas, con el fin de contener pretendidas invasiones de la agricultura. Tuvo su gran poderío hacia el siglo xv. Los rebaños de ovejas se movían hacia el Norte, en verano, y hacia el Sur, en invierno, sobre terrenos escasamente poblados y en ocasiones arrasados por las invasiones moriscas. En la época de los Reyes Católicos, la industria de la lana representaba un saneado ingreso para la Corona y el país, y dichos Reyes protegieron las Mestas. Los campos fueron sometidos a un pastoreo excesivo y agotador; los bosques, quemados para proporcionar nuevos campos de forrajes, y los árboles jóvenes, usados sus follajes para alimento de los ganados, y su madera, como combustible por los grupos trashumantes. Y se inició así un ciclo de codicia y abuso del suelo, que provocó la erosión del mismo. Las Mestas ejerció durante mucho tiempo gran influencia política y pudo continuar la ruina de grandes zonas de España. La misma clase de emigración de rebaños produjo también estragos en el Sur de Italia y en Túnez. Pero en España, a esta situación debe añadirse la



Protección de un talud en una carretera, contra la erosión de las aguas, mediante el Kudzu, que se ha difundido como leguminosa protectora para los suelos erosionados, al mismo tiempo que sirve de productora de pasto y heno. Por sus numerosas raíces, es una planta productora de suelo. El Kudzu iguala en algunos aspectos a la alfalfa, como productora de heno, por su riqueza en proteínas nutritivas.

destrucción de toda vegetación por incendios originados por la necesidad de mantener, durante los siglos de la Reconquista, una zona sin vida entre los dos bandos contendientes.

Las estaciones americanas que determinan las pérdidas de tierra y agua desde bandas de suelo, de diversa pendiente y clase de cultivo, señalan que en los campos de trigo, una vez recogida la cosecha y dejados desnudos de vegetación, las pérdidas de agua alcanzan los valores medios entre 2,50 a 40,4 por 100, y las de suelo llegan hasta 84,20 toneladas por hectárea y año. En contraste, para iguales suelos, las pérdidas desde campos cubiertos de hierbas fueron sólo de 0,08 a 8,1 por 100 del agua total de lluvia y de 0,16 toneladas por hectárea y año. Estos datos son valores medios de diez años de observaciones. Expresado en otra forma, la pérdida de tierra desde los campos desnudos de vegetación es de 526 veces mayor aquélla desde igual clase de suelo cubierto de hierbas.

La eficacia de las hierbas para mantener el suelo y almacenar el agua ha sido especialmente estudiada en el Estado de Texas, donde la erosión del suelo por los vientos es cada vez más grave. En suelos donde se cultiva el maíz, y que una vez recogida la cosecha queda el suelo desnudo, han sido halladas pérdidas de 41,16 toneladas de tierra por hectárea y año como valor medio de once años, así como pérdidas de 13,6 por 100 del agua total de lluvia. Cuando el mismo campo se cubre con hierba de Bermuda (*Cynodon dactylon*), nativa de la India, muy frecuente en los trópicos y de escasas exigencias climáticas, las pérdidas de suelo fueron sólo de 0,04 toneladas por hectárea y año, y las de agua, de 0,05 por 100 de la lluvia total. En otras palabras, el suelo perdido desde un campo de maíz es 1 029 veces mayor y la pérdida de agua 272 veces más elevada que las pérdidas corres-

pondientes desde un campo cubierto por la citada hierba.

Si los resultados prácticos logrados en los Estados Unidos de Norteamérica, en cuanto a la regularización de algunos ríos, no con pantanos, sino mediante las prácticas conservacionistas, tales como el arado de los campos siguiendo los surcos las líneas de nivel, el cultivo en terrazas, el cultivo en bandas separadas por otras bandas de hierbas, el empleo de los restos vegetales o de las cosechas para cubrir las tierras con una capa protectora contra los efectos erosivos de las gotas de lluvia ya citados, y la exclusión en todo momento de los suelos desnudos de vegetación, cuando éstos tienen cierta inclinación, no fueran tan eficaces, no intentaríamos un entusiasta panegírico del Servicio Nacional de Conservación del Suelo y del Agua español, que tarde o temprano ha de ser creado.

Un ejemplo pleno de realidad: El río South Palouse, hace ya años que cesa de fluir durante los veranos, en Norteamérica. Durante el invierno y la primavera, cuando la nieve funde rápidamente en las montañas a causa de los vientos favorables o cuando caen intensas lluvias, el río inunda frecuentemente a la ciudad de Pullman, en el Estado de Washington. Esto ocurría todos los años. Entonces fué decidida una labor de conservación por el "Soil Conservation Service" en diversos lugares entre los más críticos de la cuenca hidrográfica.

Entre otros trabajos se efectuó la repoblación herbácea en unas 5 000 hectáreas de suelos en pendiente y primitivamente dedicados al cultivo. Se utilizaron abundantemente las leguminosas. En el año 1946, después de nueve años consecutivos de cauce seco durante los veranos, el río South Palouse mantuvo de nuevo, por vez primera, un flujo de agua constante durante dicha estación, y los diques de contención de avenidas en Pullman no han vuelto a ser sobrepasados. De este modo, la gran cantidad de agua de lluvia que primitivamente escapaba desde los terrenos en forma de rápidas corrientes superficiales, produciendo avenidas e inundaciones y arrastrando grandes cantidades de suelo, pasa ahora al subsuelo por infiltración, lo que aumenta las cosechas y conduce a una mayor regularidad en las corrientes de agua, reanimando numerosas fuentes que se habían desecado.

Otro ejemplo típico: Los ríos Etowah y Costanula forman el Coosa, en el Estado de Georgia. Estos ríos llevan las aguas y arrastran las tierras procedentes de una superficie de más de 2,5 millones de acres (1 112 hectáreas).

Hace solamente un siglo que llegaron a estas tierras los primeros colonizadores. Entonces, las laderas y los valles estaban cubiertos por bosques de robles, nogales y pinos. Los ríos fluían limpios y transparentes constantemente, en los años 1830 a 1840, cuando los primeros colonos recién llegados hallaban abundante pesca y despejaban los bosques para crear tie-

rras de cultivo agrícola y para obtener madera destinada a la construcción de sus viviendas. Los hábitos y las circunstancias determinaron una agricultura muy diversa. Los suelos arcillosocalizos permitieron una gran producción de maíz, trigo y cebada, así como de forrajes. Y la ganadería prosperaba. Más tarde, el Noroeste de Georgia se convirtió en tierras del algodón. El algodón desplazó al maíz, trigo y a la ganadería. Y disminuyeron los pequeños intentos de repoblación forestal, ante la continua necesidad de nuevas tierras para el algodón. "Denudaron el suelo — dice Bennett — y la reacción del suelo apareció rápidamente". Las hileras de los algodones cubrieron las laderas, y éstas, durante los inviernos, permanecían desnudas de vegetación. Pronto apareció la erosión del suelo y la formación de una elevada susceptibilidad a la erosión.

Hacia el año 1900, las granjas comenzaron a ser abandonadas, debido a las notables pérdidas de suelo y, por tanto, de fertilidad. Las hendiduras y barrancos comenzaron a formarse y extenderse sobre las pendientes más o menos suaves. Aunque casi la mitad de los terrenos estaban destinados a pastos y cereales, cerca del 43 por 100 del suelo sufrió erosión, que fue calificada de "muy severa". El hecho más notable es el sufrido por los citados ríos Etowah, Costanaula y Coosa, que fluyen desde los comienzos del presente siglo, rojos por la arcilla arrastrada por sus aguas, derrochando así la riqueza de más de 13 000 granjas.

En el año 1935 fue seleccionada por el Servicio de Conservación del Suelo, de Washington, una superficie de 15 000 hectáreas, extendida en forma de abanico en el Suroeste de la ciudad de Rome (Georgia) y sobre las cuencas de los citados ríos, para una demostración en gran escala, con la cooperación de los agricultores, de los métodos conservacionistas del suelo y del agua, para luchar contra la erosión que arruinaba dicha zona.

Los resultados de los aforos señalaban que el río Coosa sufría una crecida que excedía de 30 pies, cada seis años, durante los pasados ochenta años, y que en los últimos diez años se habían vuelto más frecuentes las inundaciones, y por primera vez en 1935 hubo dos grandes crecidas. Este es otro indicio de la erosión acelerada. Después de la introducción en aquella región de las prácticas agrícolas conservacionistas, se logra estabilizar el suelo y una mejor regularización del caudal de los ríos.

Es curioso señalar que el ritmo creciente en las inundaciones aparece también en las de Murcia.

Todo lo que la conservación del suelo y del agua puede esperar de las nuevas prácticas agrícolas, resalta de modo notable en los resultados alcanzados en la Estación Agrícola Experimental de Zanesville, en Ohio. Dicha Estación ha trabajado durante trece años para el Servicio de Conservación del Suelo y en co-



Agricultura moderna en Estados Unidos de N. A. Cultivos siguiendo los surcos las líneas de nivel. Cultivos en bandas para la rotación de éstos. Construcción de terrazas. Reconstrucción de bosques protectores contra los vientos intensos y la evaporación del agua por los mismos, y también como refugio de los necesarios pájaros y demás fauna para la fecundación de las plantas.

operación con la Escuela de Agricultura del Estado de Ohio.

En los campos de la Estación, una lluvia intensa de 275 mm., en el mes de enero de 1947, produjo una escorrentía de 94.7 por 100 en las zonas que estaban severamente erosionadas, tales como campos de maíz desnudos de vegetación después de recogidas las cosechas, mientras que la escorrentía fue sólo de 25.8 por 100 para la misma lluvia en los terrenos cubiertos de hierbas, y de 31.5 por 100 en las zonas de bosque. Así, con aquel terrorífico 94 por 100 de escorrentía descargando sobre el río Ohio, reuniéndose con otras descargas tan aceleradas de pequeñas cuencas hidrográficas no protegidas, dicho río no sólo rompió los diques de defensa, sino que excedió en altura de su crecida a todos los valores previsibles. Fue un dato confirmatorio de que la erosión acelerada y sus consecuencias progresa en gravedad cada año.

Uno de los medios más eficaces para restituir la materia orgánica a los suelos, lo constituye la formación de una cubierta de hierbas. Dicha materia orgánica es de gran interés en relación con la Mecánica del Suelo, pues desarrolla la tendencia del mismo a poseer una estructura granular. El suelo de naturaleza granular es más abierto y esponjoso que los suelos compactos y densos, condición aquella que ayuda a la infiltración de las aguas de lluvia y a la circulación de la humedad y del aire, necesaria para la expulsión del dióxido de carbono formado en el suelo. La granulosidad del suelo significa mayor espacio de poros y mayor número de conductos y canales para el movimiento del agua de infiltración.

Por esto, las pérdidas de materia orgánica por erosión significan una disminución del volumen de poros,

una mayor densidad y una reducción de su capacidad para la infiltración y circulación del agua, así como de su capacidad de retención o conservación del agua en el suelo.

En la Conferencia reunida en Londres el pasado año para tratar de la Biología en la Ingeniería Civil, se mantuvo la conclusión presentada por F. Robertson, en su trabajo acerca de "La influencia de la vegetación sobre las crecidas de los ríos", de que los daños de la erosión sólo pueden ser evitados por el empleo de una cubierta vegetal permanente.

Ningún dato puede ser tan convincente para mantener las nuevas ideas conservacionistas como el dado por F. E. Rear (*Journ. Agric. Expt.*, 1948), de que más del 90 por 100 de los elementos minerales nutrientes de las plantas que existen en el suelo, no tienen valor actual para ser asimiladas por éstas, ya que se hallan protegidas contra la acción disolvente del agua por un revestimiento o capa formada por materias en estado coloidal, en las pequeñas partículas minerales que sí pueden ser arrastradas en suspensión por el agua.

El agua de lluvia comienza ya lavando la atmósfera del polvo en ella contenido. Sobre las grandes ciudades suele contener el aire hasta 10 000 partículas de polvo por centímetro cúbico. Así, el agua de lluvia suele contener en disolución menos de 0,0035 por 100 de materia sólida. Pero los ríos arrastran cantidades de materia inorgánica y orgánica en suspensión y disolución que varía con la erosión de la cuenca, alcanzando valores tan gigantescos como el Mississipi, que lleva anualmente 150 millones de toneladas de materias en disolución y 400 millones de toneladas en suspensión.

### Conclusiones.

La destrucción del suelo agrícola nacional, como consecuencia de las guerras durante muchos siglos, de la organización ganadera Las Mestas, de las quemas de montes y por las prácticas agrícolas improcedentes, es gigantesca.

Se demuestra de modo irrefutable, con los datos del Servicio de Conservación del Suelo, de Washington, que la pérdida de fertilidad del suelo por la erosión de las aguas de lluvia, con arrastre de los elementos químicos nutritivos de las plantas y pérdida de materia orgánica y de flora y fauna microscópica del suelo, afecta a la composición de los alimentos, en cuanto a su contenido en elementos minerales y riqueza en proteínas y vitaminas y, por tanto, a la salud y vitalidad de la nación.

El ritmo de destrucción del suelo por la erosión,

con valores hasta de 200 toneladas de tierras por hectárea y año, arrastradas por las aguas a los ríos turbios de casi toda España, excepto la mayoría de los de la vertiente Cantábrica, donde existe un tapiz forestal y vegetal continuo, demuestra la necesidad de una cubierta permanente vegetal sobre los suelos.

La repoblación herbácea es más fácil de lograr y más económica y en ocasiones la única en que puede pensarse en los terrenos muy erosionados, en comparación con la repoblación forestal. Se está aclimatando en España la leguminosa Kudzu, forrajera, formadora y defensora de suelos.

Debe declararse por los Ministerios correspondientes de urgente realización un Plan conjunto de trabajos preparatorios para la creación de un Servicio Nacional de Conservación del Suelo y del Agua, como los ya existentes en 31 países, y que deberá comprender:

a) Por el Servicio Nacional Meteorológico deberán efectuarse medidas de las intensidades de lluvias, o sean velocidades de precipitación acuosa mediante pluviómetros registradores, que actualmente no existen.

b) Por las Divisiones Hidráulicas deberán establecerse en numerosos lugares Centros de Experimentación para determinar los valores de escorrentía y pérdidas de tierras por arrastres en los ríos, y conocer de este modo las diversas influencias sobre aquellos valores, tales como naturaleza del suelo, sus cultivos y prácticas agrícolas, etc.

c) Por las Divisiones Agronómicas deberán realizarse medidas acerca de las superficies del suelo nacional que se encuentra en erosión acelerada, estableciendo clasificaciones según la gravedad de las destrucciones y del peligro que representan para la formación de crecidas en los ríos y para el aterramiento de los pantanos.

d) Deberá comenzarse la formación de un personal técnico y auxiliar idóneo, pensionando en Estados Unidos a un grupo numeroso y entusiasta de jóvenes recién acabados sus estudios.

e) Se procederá, por el Servicio Nacional de Conservación del Suelo y del Agua, a la creación de numerosos centros de demostración de las ventajas del laboreo agrícola en terrazas o siguiendo el surco las líneas de nivel, de la formación de una cubierta vegetal permanente, incluso bajo los huertos de naranjos y olivos, de la importancia de las cortinas de árboles rompedoras de vientos, como medio de reducir la pérdida de agua por evaporación, la importancia de la rotación de cultivos y de los cultivos en bandas y de la trascendencia de cubrir con restos vegetales o residuos de las cosechas, en todo momento, el suelo para protegerlo contra la acción erosiva gigantesca

y hasta ahora desconocida de la energía cinética de las gotas de lluvia.

La producción nacional de alimentos es deficiente, como también lo es la dieta recibida por los españoles, principalmente en proteínas de calidad, elementos mi-

nerales y vitaminas. Y aquí queda demostrado que esta deficiente alimentación irá en aumento y paralela con la destrucción del suelo agrícola de España por la acción erosiva de las aguas, si no adoptamos las prácticas conservacionistas del suelo y del agua.

### Bibliografía.

- Jean Paul Harroy: *Africa, la tierra que muere. La degradación de los suelos africanos*. Bruselas, 1944.
- H. H. Bennett: *La conservación del suelo*. Nueva York, 1939.
- H. H. Bennett y W. Clayton: *Esta tierra que defendemos*. Nueva York, 1942.
- Lowdermilk, W.: *Palestina, tierra de promisión*. Londres, 1943.
- C. Bates: "Influencia de las cortinas de árboles". *Journal of Forestry*, 43, 88, 176, 1945.
- J. Bregger y G. Brown: "Conservación del suelo y de la humedad". *U. S. Departm. of Agric. Bull.* 1970 (1945).
- J. M. Holmes: *Soil Erosion in Australia and New Zealand*. Londres, 1946.
- D. Hall: "Erosión del suelo: El crecimiento del desierto en Africa y en otros lugares". *Smithsonian Institution*, Washington.
- S. F. Markham: "Clima y energía de las naciones". *Oxford University Press*, 1941.
- W. Shephard: *Alimentos y hambre. La lucha contra la erosión*. Nueva York, 1946.
- F. Osborn: *Nuestro saqueado planeta*. Londres, 1948.
- J. V. Jacks y R. O. White: *El pillaje de la Tierra. Un estudio mundial de la erosión del suelo*. Londres, 1939.
- Ch. Kellog: *El suelo que nos sostiene*. Nueva York, 1947.
- A. Howard: *El suelo y la salud humana*. Nueva York, 1947.
- W. Price: *Nutrición y degeneración física*. Nueva York, 1939 y 1945.
- Adams Nichols, B.: *The Heritage of Spain: A Introduction to Spanish Civilization*. Nueva York, 1943.
- P. B. Scars: *El crecimiento de los desiertos*. Norman Oklahoma, 1935.
- E. Huntington: *Civilización y clima*. New Haven, 1922.
- 
-