



MEMORANDUM

PARA : Lic. Santiago E.J. Gilotau
Secretario General del C.F.I. *awa*

DE : Juan Pablo Alvarez V., Experto de FAO

ASUNTO : Control de la Erosión y de la Salinidad en zonas de regadío

Ante

El doctor Robert D. Flannery, Experto en Conservación de Suelos de la FAO y actual asesor del INTA, ha tenido a bien exponerme sus ideas sobre la creación de dos Centros Nacionales de Investigación, dedicado uno al Control de la erosión eólica y el otro al de la salinidad, riego y drenaje.

Acompaño el memorandum en el que el Dr. Flannery resume sus apreciaciones y las vincula al informe que en su oportunidad presentara el experto en suelos del estudio de factibilidad para el desarrollo de la región del Comahue. Igualmente, anexo literatura informativa adicional preparada por el doctor Flannery sobre ambos temas.

Mucho agradecería los autorizados comentarios de Usted acerca del interés que pueda tener el Consejo Federal de Inversiones en apoyar una o ambas iniciativas, teniendo en cuenta que ellas serían actividades de continuidad del mencionado "Proyecto Comahue" ejecutado con la participación del C.F.I.

Llegado el caso, el doctor Flannery está listo a ampliar las informaciones del material anexo.

Buenos Aires,
21 de julio de 1971

c.c. Dr. D. Flannery

Clave al Lic. Escobet para su informe
[Signature]
22/7/71

[Signature]
H 1112
F22

H. 1112
X. 12
t.
Ay CFI
REGION COMAHUE

Memorandum

Date: 19 July 1971

To: Dr. Juan Pablo Alvarez, Agricultural Economist, FAO

From: Dr. Robert D. Flannery, Land and Water Management
and Conservation Specialist, FAO

Subject: Suggested Projects or Programs to Help Control and Reduce Land
Damages Caused by Wind Erosion and Toxic Salt Accumulations on
Productive Lands in the Comahue Region

The land resources of the Comahue Region are being subjected to such degradation processes as wind erosion in the dry-farmed and range areas and salination in the irrigated portions due to rising water tables in the absence of adequate farm drainage. The physical and economic losses resulting from these damaging processes are becoming serious and must be reduced, otherwise a successful development of the Region will be difficult to accomplish. The following two projects or programs, among others, are suggested as means of obtaining a more thorough understanding of these processes in order that acceptable erosion control and reclamation programs can be put into effect:

I. National Center for Applied Research in Wind Erosion Control

According to the report by R.A. Pacheco (1) wind erosion is active over 84% of the Region which is comprised of the arid and semi-arid subregions. This is attributable to five factors: wind characteristics; scanty and unfavourable distribution of rainfall; lack of protective cover; susceptibility of the soils to erosion; and the human factor.

In order to establish and maintain an effective field program of wind erosion control which would help reduce land damages, it is first necessary to give serious attention to the phenomenon of wind erosion itself -- basic causes, effects and remedies. Processes of soil destabilization, soil erosion, and soil stabilization must be understood

to design workable and lasting control measures. These could best be determined through the establishment of such a national center for applied research in these problem areas.

The applied research would generally be within the framework of the wind erosion equation introduced by Chepil and Woodruff, which is a quantitative measurement of actual soil losses (2). In addition, there would be activities such as wind forecasting to allow protective measures to be installed previously, new techniques for developing suitable soil structures, best use of farm implements to maintain the proper amount of crop residues on soil surfaces, studies of how to preserve vegetative matter above the ground, how to develop vegetative matter resistant to decomposition and recognition, selection and development of plant species for reclaiming eroding sand dune land.

2. National Center for Applied Research in Salinity Control, Irrigation and Drainage

Pacheco also points out the increasing hazard of toxic salt accumulations as the result of the lack of proper drainage systems in the irrigated areas of the Region, notably in the Upper Valley of the Río Negro. The salinization, alkalinization, boron toxicity and that of other minor elements, over-irrigation and uncontrolled water tables are posing a severe threat to the maintenance of irrigation agriculture in Argentina (3). Certain irrigation projects such as the Lower Valley of Río Colorado and the Río Dulce project in the Province of Santiago del Estero have become aware of these land damaging processes and have undertaken certain reclamation measures. Much more needs to be learned about farm irrigation, drainage and reclamation practices and their physical and economic feasibilities. Irrigation guides for proper

irrigation water management need to be developed for local use. Soils need to be reclaimed by properly installed farm drainage systems. These and many other associated problems can be investigated through an applied research program of a national center in salinity, irrigation and drainage.

Specifically, the national center would conduct experiments in farm drainage, reclamation and irrigation requirements under varying conditions, determine consumptive use of water for different crops, study the benefits and costs of various reclamation measures and provide on-the-job training in farm irrigation, drainage and reclamation techniques to technicians from irrigation projects all over the country.

Briefly, these are some of the aspects of these two suggested national centers which, I believe, are absolutely necessary in the agriculture-livestock sector of the regional development of this country. More details on these centers — estimated costs, etc., can be made available.

REFERENCES

- (1) Estudio Exploratorio de Suelos, Volumen I. Programa de Estudios de Factibilidad para el Desarrollo de la Región Comahue. R.A. Pacheco. CFI/FAO/UNDP Project, Argentina, 1969.
- (2) A Wind Erosion Equation. W.S. Chepil and N.F. Woodruff. Journal Soil and Water Conservation 9, 1954.
- (3) Necesidad de un Centro de Investigación de Salinidad, Riego y Drenaje en la Argentina. Robert D. Flannery et al. INTA Miscelanea No. 48, Buenos Aires, Octubre 1968.

PROGRAMA DE RECONOCIMIENTO DE SUELOS Y CLASIFICACION DE TIERRAS
DE LA REGION PAMPEANA.



Memorandum Técnico

Tema: Fenómenos de Erosión Eólica.

Existen cuatro fenómenos vinculados estrechamente a la erosión eólica. Son: acción del viento, movimiento de la partículas del suelo, efectos sobre el suelo y las condiciones en las cuales se encuentra dicho suelo y su superficie en relación con la erodibilidad. Dichos fenómenos se encuentran descriptos en el "Cuaderno de fomento agropecuario N° 71" (La Erosión Eólica y Medidas para Combatirla en los Suelos Agrícolas) como sigue:

Acción del viento.

El movimiento de las partículas del suelo está causado por fuerzas que el viento ejerce contra la superficie del terreno. Existe un gradiente en la velocidad de desplazamiento del viento: la velocidad es mínima cerca del suelo y va aumentando proporcionalmente al logaritmo de la altura sobre la superficie. Este gradiente de la velocidad es el que determina la magnitud de la fuerza ejercida.

En los puntos muy próximos a la superficie del suelo, de ordinario en los comprendidos entre 0,03 y 2,5 milímetros en un terreno desnudo y relativamente liso, la velocidad del viento es nula. En una breve distancia por encima de este nivel, las corrientes de aire son laminares, y más arriba son ya turbulentas. Es este aire turbulento el que desencadena las fuerzas causantes del movimiento del suelo. Las partículas de suelo u otros salientes de la superficie que penetran en esta capa de aire turbulento absorben la mayor parte de las fuerzas que actúan sobre la superficie (Figura 1). Si son suficientemente grandes o se están unidas a otras partículas podrán resistir el empuje de los vientos fuertes; por el contrario, si se hallan sueltas o no son muy pesadas, el viento podrá levantarlas, y con ello se iniciará el movimiento del suelo.

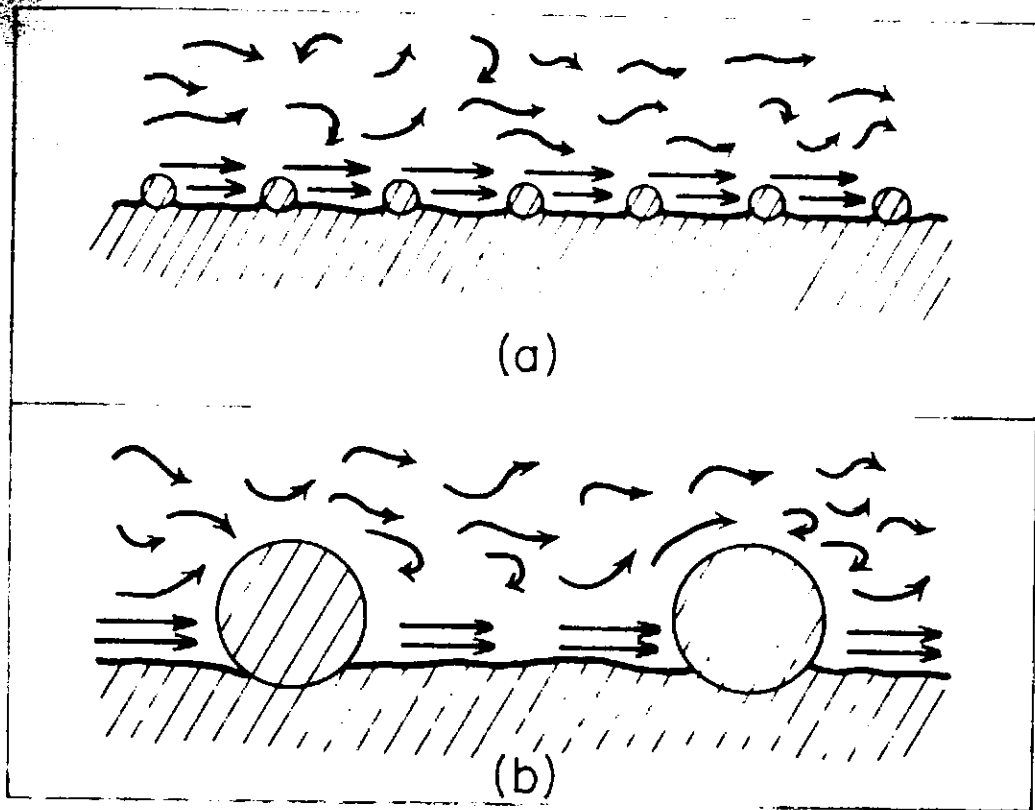


Figura 1. (a) Perfil de velocidad de un fluido que fluye sobre las partículas que se encuentran en la superficie de un tubo lizo y no pueden ser arrastradas por las partículas en el tubo. La fuerza de arrastre por el fluido puede ser ignorada. (b) Perfil de velocidad de un fluido que fluye sobre las partículas que se encuentran en la superficie de un tubo rugoso. La fuerza de arrastre por el fluido puede ser ignorada.

Por lo tanto, los factores determinantes son el tamaño y la densidad de las partículas de suelo que puedan desprenderse, así como la fuerza que el aire turbulento ejerce sobre ellas. Para una configuración o irregularidad dadas de la superficie del terreno, la altura de la velocidad cero es constante para todos los vientos turbulentos. Todos los vientos de velocidad comprendida entre 1,5 y 3 Km por hora provocarán corrientes turbulentas. Sin embargo, la altura de la velocidad cero queda grandemente influida por las irregularidades del terreno. A medida que éstas aumentan, ya sea por la presencia de partículas mayores, ya por la formación de camellones o por la presencia de vegetación, residuos vegetales u otras barreras en la superficie, el nivel de la velocidad cero asciende con relación a la altitud superficial media. De esta forma, la fuerza de las corrientes turbulentas es absorbida por las partículas mayores, por la cresta de los lomos o por la cubierta vegetal, siendo así menos probable que las partículas erosionables sean arrastradas.

Este mecanismo constituye el principio fundamental en que se basan las medidas de lucha. El objeto de éstas es uno de los siguientes:

- a) crear una superficie con partículas suficientemente grandes para impedir el movimiento inicial; o
- b) proteger las partículas erosionables reduciendo la fuerza ejercida sobre ellas.

En el primer caso, será necesario formar y mantener terrones estables, y en el segundo alomar o revolver la superficie para proteger las partículas más finas, o bien mantener una cubierta vegetal, residuos de plantas u otras barreras que reduzcan la velocidad del viento cerca de la superficie.

La velocidad mínima del viento suficiente para iniciar el movimiento de las partículas del suelo más erosionables (las de un diámetro aproximado de 0,1 mm.) es de unos 16 Km por hora a una altura de 30 cm. El límite práctico en condi-

ciones de campo, cuando existe una mezcla de partículas de materiales diversos y de tamaño diferente, es de unos 20 Km por hora a la misma altura. Las partículas de diámetro aproximado de 0,1 mm presentan una relación tamaño-peso del todo favorable para la iniciación del movimiento. Si la superficie es lisa, sobresalen lo suficiente para absorber fuerzas apreciables, a la vez que son lo bastante ligeras para ser fácilmente desplazadas. Las partículas menores presentan una gran cohesión, a la vez que no sobresalen apreciablemente en la capa turbulenta. Las mayores, son de un peso tal en relación con la distancia a que sobresalen que exigen vientos más fuertes para iniciar su movimiento. Las partículas de alrededor de 1mm de diámetro, solamente las mueven los vientos muy fuertes. Debe tenerse presente, sin embargo, que la fuerza ejercida aumenta con la velocidad del viento, por lo cual no puede decirse estrictamente que existan partículas que por su tamaño sean "no erosionables".

Movimiento de las partículas del suelo.

Una vez iniciado el movimiento de las partículas del suelo, éstas son transportadas por el viento con movimientos de tres tipos, según su tamaño en relación con la velocidad y turbulencia del viento.

El tipo dominante de movimiento es la saltación de las partículas. Las de tamaño comprendido entre 0,05 y 0,5 mm suelen desplazarse de esta forma.

El segundo tipo es el arrastre superficial y consiste en la rodadura o deslizamiento de las partículas mayores sobre la superficie. Por ser demasiado pesadas para que las e-lave el viento, estas partículas se desplazan principalmente impulsadas por el choque de las partículas se en saltación, antes que por la fuerza directa del viento. Su tamaño oscila entre 0,5 y 2 mm según su densidad y la velocidad del viento.

La suspensión es el tercer tipo de movimiento, y con arreglo a la misma las partículas de pequeño tamaño flotan en la corriente de aire. El movimiento de estas partículas finas suele quedar iniciado también por el impacto de las par-

tículas en saltación. En general, es necesario que los granos saltadores mayores golpeen las partículas de polvo más finas, ya que éstas no sobresalen en la capa de aire turbulento, o bien presentan una cohesión recíproca suficiente para impedir el arrastre directo. Una vez que entran en las capas de aire turbulento pueden quedar suspendidas a grandes alturas por los remolinos ascendentes, y con frecuencia sufren un arrastre de muchos kilómetros antes de depositarse de nuevo. Estos torbellinos ascendentes tienen velocidades de 3 a 5 Km por hora, suficientes para elevar la arena muy fina, el limo, la arcilla y gran parte de las materias orgánicas del suelo. Este movimiento del polvo fino es probablemente la característica mejor conocida de la erosión eólica.

Efectos sobre el suelo.

Una vez desprendidos los granos del suelo e iniciado su movimiento, el choque de las partículas en saltación conduce a un pronunciado desgaste de la superficie. Esta abrasión desmenuza los terrones, destruye las costras estables y desgasta los residuos vegetales y la vegetación viva. De esta forma, los granos saltadores no sólo provocan el movimiento de partículas menores y mayores, sino que desmenuzan además los terrones en fragmentos erosionables y reducen la eficacia de la cubierta vegetal protectora.

Cuanto más extenso sea el terreno sometido a erosión, mayor será el número de veces que cada partícula golpea contra la superficie mientras la arrastra el viento. En consecuencia, el número de partículas será tanto mayor cuanto más se avance en la dirección del viento. Tal efecto se denomina incremento de la carga. El transporte de las partículas es nulo en el ángulo de barlovento de un campo erosionable y aumenta con la distancia en dirección del viento hasta llegar a la carga máxima que un viento determinado puede transportar.

El incremento de la carga, y con ella la distancia a favor del viento a la cual se llega a la carga máxima transportada, variará según la susceptibilidad del suelo a la e-

rosión. Cuanto más erosionable sea éste mayor será el incremento de la carga, y, en consecuencia, menor será la distancia a la que se produce la carga máxima de transporte.

Estado del suelo y de la superficie del terreno en relación con la erosión.

ESTADO DEL SUELO

De lo dicho anteriormente, resulta evidente que la textura del suelo, el estado de las partículas y la estabilidad de agregación de éstas representan los factores principales que determinan si un suelo determinado sufrirá o no la erosión eólica. En casi todos los suelos agrícolas predominan las partículas de tamaño inferior a 1mm de diámetro, incluso en los muy arenosos. Los suelos francos arenosos, las arenas margosas y las arenas, todos ellos de textura más gruesa, son los suelos más susceptibles. Sin embargo, las arcillas granuladas pueden también dar lugar a problemas como ocurre, por ejemplo, en las arcillas de Pierre de Dakota del Sur (Estados Unidos). En este caso se producen cambios físicos durante los meses invernales que forman una elevada proporción de agregados menores en las capas r superficiales del suelo, quedando así ésta altamente erosionable.

Dado que durante la saltación predominan las fracciones de tamaño arenoso, cuanto mayor sea el porcentaje de arena mayor será también la susceptibilidad a la erosión eólica. Esto es aplicable a todas las fracciones arenosas de diámetro menor de 1 mm. Asimismo el bajo contenido de limo, arcilla y sustancias orgánicas en tales suelos dificulta la formación de terrenos, y los que llegan a formarse son de poca estabilidad.

La consolidación de las partículas del suelo superficial, ya sea en forma de costra o de terrones, reúne tales partículas en unidades suficientemente grandes para resistir la erosión. Muchos son los factores que influyen sobre la consolidación y la estabilidad, entre los que figuran la humedad, el grado de compacidad, las materias orgánicas,

el contenido de arcilla y de cal, la actividad de los microorganismos y la presencia de materiales de cementación.

En el grado de consolidación influyen mucho los elementos climáticos y las alteraciones mecánicas que sufre la superficie (labranza y paso de animales o máquinas), así como por el efecto abrasivo de las partículas saltadoras del suelo. Por consiguiente, cambia constantemente, y toda circunstancia que reduzca la consolidación de ordinario hace aumentar el peligro de erosión. Cuando los terrones se hielan y deshuelan o se mojan y secan alternativamente, los terrones y las costras tenderán a desintegrarse; por otra parte, las lluvias contribuyen a la formación de costras, pero suelen deshacer los terrones y alisar la superficie. La labranza puede aumentar o disminuir la proporción de terrones en la superficie según las condiciones del suelo en la capa labrada, el tipo de instrumento utilizado, la velocidad a que funciona, etc. Si una costra superficial se rompe en terrones que quedan en la superficie, podrá reducirse la susceptibilidad a la erosión, pero si la costra se pulveriza lo suficiente o se entierra, esta susceptibilidad podrá aumentar. La labranza repetida en terrenos secos suele aumentar el peligro de erosión, sobre todo si se realiza con máquina de efecto mecánico intenso, como las rastras de discos de simple acción o de secciones en tándem o las rastras de dientes o muelles. Los neumáticos de las máquinas que se desplazan por la superficie pulverizan y alisan el suelo y con frecuencia crean un grave peligro de erosión en algunas zonas.

Merece mención particular el paso de los animales. Las pezuñas de éstos, sobre todo las de animales pehendidés, como las ovejas y cabras, tienen un efecto extremadamente nocivo para la superficie del suelo. La pulverización mecánica que provocan aumenta en grado notable el peligro de erosión y en los casos en que un pastoreo excesivo elimina de la superficie la vegetación o los residuos vegetales, suele producirse un grave arrastre por el viento. Aun cuando el pastoreo sea limitado o regulado, la concentración del ganado en las zonas de abrevado, en las entradas de recintos o en los senderos representa en tales lugares la i-

niciación del transporte por el viento, que podrá después extenderse a otros puntos del terreno, ya sean prados o sembrados, si no se adoptan las medidas de combate o de prevención adecuadas.

ESTADO DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO

Superficie irregular.

Además de las irregularidades del terreno creadas por la presencia de terrones y agregados, los lomos y depresiones formados por los instrumentos de labranza modifican también la velocidad del viento. El tipo de instrumento y la forma de actuar de éste influyen decisivamente en las irregularidades que podrán conseguirse. Los lomos y depresiones alternados contribuyen también a detener las partículas saltadoras impidiendo así la acumulación normal de los materiales transportados en la dirección del viento. No obstante, debe tenerse presente que los lomos sobresalen más en las capas turbulentas del viento, quedando así sujetos a la acción de fuerzas mayores. Por consiguiente, es muy importante que la cresta de los lomos sea terrosa en grado suficiente para resistir estos nuevos esfuerzos, ya que de otra forma quedarán rápidamente erosionadas perdiéndose así todo efecto beneficioso.

Vegetación en pie y residuos vegetales.

Los vegetales vivos o muertos son una gran protección para la superficie del suelo contra la acción del viento. No sólo reducen la velocidad de éste en la superficie, sino que absorben gran parte de las fuerzas por él ejercidas. Los materiales en pie son de lo más eficaz; deberán estar debidamente adheridos al terreno para evitar el arrastre por el viento.

Aparto de representar una protección contra el viento, los materiales vegetales detienen además las partículas de suelo en movimiento, lo que a su vez evita el normal incremento de la carga arrastrada en la dirección del viento.

Nunca se insistirá lo suficiente sobre la importancia de una vegetación protectora en los terrenos. Constituye el único método de aplicación general para un combate permanente y eficaz contra la erosión. Deberá evitarse con todo cuidado cualquier práctica que reduzca la cubierta vegetal hasta un grado en que ya no ofrezca protección. Las principales causas de reducción de esta vegetación son una labranza excesiva o con instrumentos inadecuados, junto con el pastoreo excesivo de prados naturales o artificiales y en especial, de reastrojeras.

Barreras.

Los rompevientos, como las cortinas protectoras, fajas de contención de nieves, abrigos vivos, etc., reducen la velocidad del viento cerca de la superficie del suelo hasta cierta distancia en la dirección del viento, limitando en cierto grado la acción de éste. Aunque sólo son de verdadera eficacia para distancias relativamente cortas, pueden utilizarse con resultados excelentes para un combate localizado en las explotaciones agrícolas. Las franjas periódicas de vegetación huertos jóvenes, viñedos y otros cultivos especiales, en la forma en que se practican en determinadas zonas, son también medidas eficaces. Se obtiene un resultado análogo construyendo barreras mecánicas de tablillas, carrizos, ramas u otros materiales.

F. D. Hammer
AO