



Corporación Nacional Forestal

1366

**DEPTO. DE CONSERVACION
DEL MEDIO AMBIENTE**

27 SET. 1980



PUBLICACION Nº 11

DIVULGACION

EL SUELO, SUS CARACTERISTICAS Y CLASIFICACION

Víctor Mourgués

ANTECEDENTES SOBRE LA EROSION, SU EVALUACION Y
CONTROL EN CHILE.

Juan C. Ibarra

MINISTERIO DE AGRICULTURA

PUBLICACION Nº 11

DIVULGACION

EL SUELO, SUS CARACTERISTICAS Y CLASIFICACION

Víctor Mourgués

ANTECEDENTES SOBRE LA EROSION, SU EVALUACION
Y CONTROL EN CHILE

Juan C. Ibarra

EL SUELO, SUS CARACTERISTICAS Y CLASIFICACION

Víctor Mangués Sch.

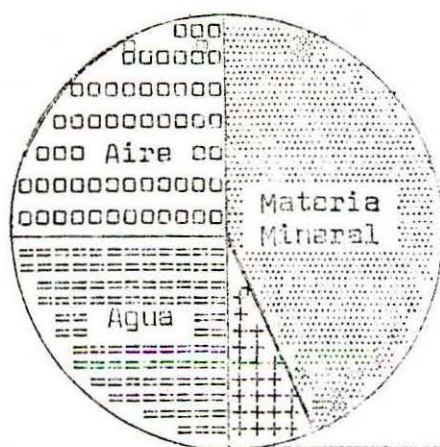
I. DEFINICION Y CARACTERISTICAS

Definición de Suelo: "Es el medio natural, compuesto de elementos sólidos, líquidos y gaseosos, que forman la capa superficial de la corteza y que entrega los nutrientes necesarios para desarrollar en él la vida vegetal y animal".

Composición en volumen de los suelos. La proporción de los elementos sólidos, líquidos y gaseosos varía completamente de un tipo de suelo a otro, de la estación del año en que ésta se mida, del clima y los factores atmosféricos, etc. Sin embargo, el gráfico siguiente da una idea aproximada de dicha proporción en un suelo superficial bastante idealizado.

GRAFICO N° 1

La cantidad de aire disminuye al aumentar la profundidad, - lo mismo sucede con la cantidad de materia orgánica.



Materia orgánica 5 %

El Material Sólido del Suelo

La materia mineral es variable en dimensión y composición, se puede encontrar fragmentos de roca, minerales primarios (cuarzo, feldespatos, etc.) y minerales secundarios (arcillas, óxidos de hierro, etc.). En el cuadro siguiente se señala algunas partículas comunes y sus propiedades generales.

CUADRO N° 1

Dimensión	Nombre Común	Visibilidad	Composición dem.
1. Muy gruesas (mayor de 2 mm)	Piedra, grava	simple vista	fragmentos de roca.
2. Gruesas (2 a 0,05 mm)	Arenas	simple vista	minerales primarios
3. Finas (0,05 a 0,002 mm)	Limos	Microscopio	minerales primarios y secundarios
4. Muy finas (menor de 0,002 mm.)	Arcillas	Microscopía electrónica	Casi siempre minerales secundarios.

Muchas propiedades del suelo están influenciadas, o determinadas, por la proporción relativa que existe entre las partículas gruesas y finas (arena, limo, arcilla). Esta relación se denomina Textura.

Los granos de arena tienen formas irregulares o redondeadas, dependiendo de la erosión que hayan tenido. Cuando no están cubiertos de limo o arcilla carecen de Plasticidad, no se puede moldear figuras estando mojado, además no se forman terrones. Un suelo muy arenoso deja pasar

rápídamente el agua, no la retiene, pues entre los granos se forman grandes huecos (macroporos) que permanecen con aire.

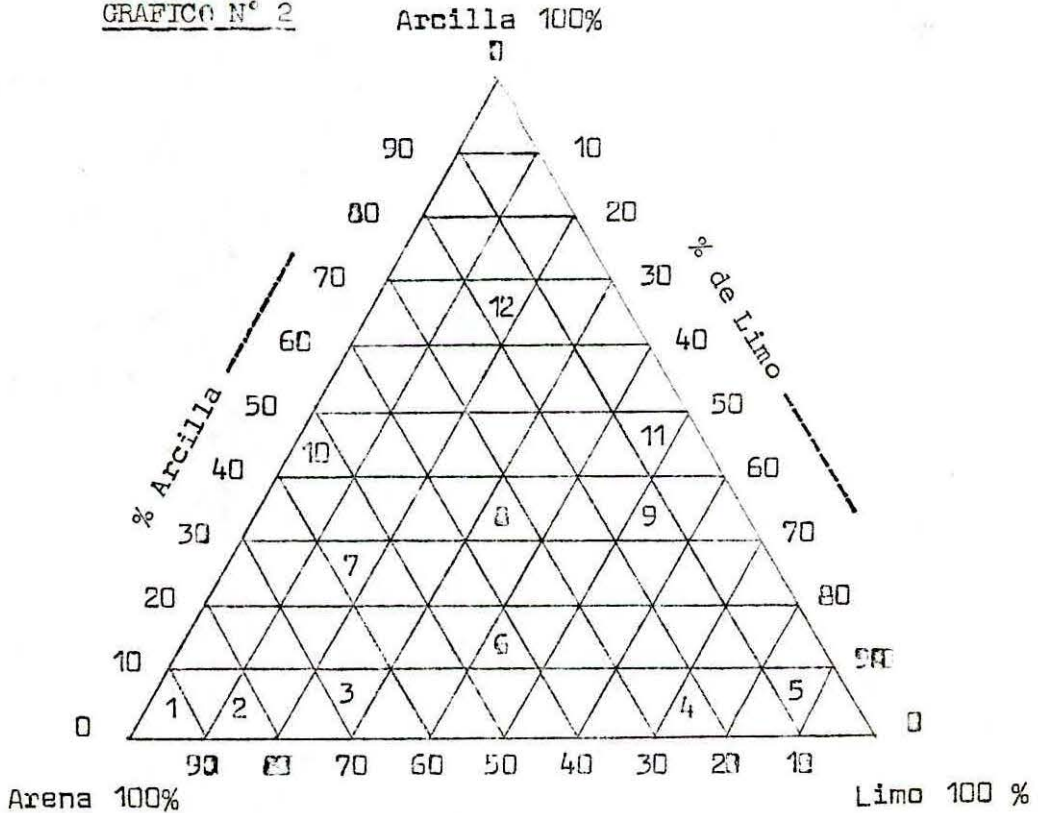
La arcilla está compuesta de pequeñísimas placas, como de mica, y al humedecerla es muy plástica (greda), al secarse se contrae formándosele pequeñas grietas. Tiene una enorme capacidad para absorber agua, gases y sales solubles. Un suelo muy arcilloso podrá absorber mucha agua y la retendrá por un largo tiempo. Como posee alta cohesión será difícil de trabajar (arado) por lo cual es conocido como suelo "pesado", en contraste con los arenosos que son considerados "livianos" para trabajar.

El limo posee características intermedias entre la arena y la arcilla, no está compuesto de placas como esta última, sino de granos similares a arena, pero de tamaño más reducido.

Los suelos que tienen las buenas propiedades de arcillas, limos y arenas, son llamados "suelos francos", son tan livianos como pesados, el agua no se pierde ni muy rápido ni muy lento. Si predomina en especial algún tipo de partícula se agrega el nombre de ésta, por ejemplo "suelo franco arcilloso, etc.

En el terreno la textura se toma "al tacto", frotando una porción de suelo humedecido entre el dedo pulgar y los otros. La arena se nota como granos ásperos, el limo como talco mojado, la arcilla permite que el suelo se pueda moldear, es más pegajosa. El Gráfico N° 2 muestra una clasificación de Texturas y las que son considerados suelos livianos y pesados (Cuadro N° 2).

GRAFICO N° 2



CUADRO N° 2

<u>Textura</u>	<u>Grado de dificultad en el laboreo</u>
1. Arena	muy liviana
2. Arena franca	liviana
3. Franco-arenosa	moderadamente liviana
4. Franco-limosa	media
5. Limo	media
6. Franca	media
7. Franco-arcillo-arenosa	moderadamente pesada
8. Franco-arcillosa	moderadamente pesada
9. Franco-arcillo-limosa	moderadamente pesada

10. Arcillo-arenosa	pesada
11. Arcillo-limosa	pesada
12. Arcilla (arcillosa)	pesada
	muy pesada si tiene más de 60% de arcilla.

Muchas veces determinados cultivos que requieren suelos aerados (texturas livianas) son impedidos por falta de aire en un suelo muy arcilloso. Por otra parte tenemos que generalmente los suelos livianos - o muy livianos, tienen una baja fertilidad, esto se debe en parte a que no es capaz de retener y movilizar en cualquier dirección el agua que contiene disueltas las sales minerales; en otra medida se debe a que no tiene mucha capacidad para retener los elementos minerales que alimentan a las plantas (por ejemplo: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, etc.) Las arcillas normalmente son grandes responsables de la fertilidad del suelo, por un lado producen suficientes poros pequeños (microporos) por donde el agua sube (fenómeno de capilaridad) y moviliza en solución las sales nutritivas, por otro lado tiene una enorme capacidad para adherir estas mismas sales a sus partículas, de manera tal que las plantas puedan obtenerlas fácilmente.

La Atmósfera del Suelo

La actividad de las raíces y de los organismos del suelo consumen oxígeno (O_2) y expelen anhídrido carbónico (CO_2), de manera que su

proporción dentro del suelo es distinta a la que mantienen en la atmósfera exterior. El CO_2 dentro del suelo puede ser cientos de veces más abundante que el 0,03% del aire fuera de él, a la inversa, el O_2 es menos abundante, alrededor de $1/2$ a $2/3$ de lo que encontramos fuera.

En el suelo el aire está limitado a los poros que están sin agua, de manera que existe un cierto equilibrio, si hay menos agua hay más aire. Un suelo mojado puede ser tan perjudicial para las plantas como uno sometido a una excesiva sequía, ya que no permite la entrada de O_2 hasta las raíces ni la salida del exceso de CO_2 producido en sus procesos vitales de respiración.

El aire del suelo proviene del exterior, entra por pequeñas grietas, o por los espacios que quedan entre las partículas sólidas (poros), normalmente la mayor parte del aire lo encontramos en los poros de gran tamaño (macroporos), a esto se debe que los suelos arcillosos tengan a menudo una mala aireación cuando están húmedos, pues se caracterizan por poseer una pequeña cantidad de macroporos y abundantes microporos.

El Agua en el Suelo

Más o menos la mitad del volumen del suelo está ocupado por materiales sólidos, el otro 50% lo constituyen espacios, o poros, producidos por raíces que se han descompuesto, o entre las partículas sólidas de distintas formas y tamaños.

Estos poros se distribuyen en una intrincada red de interconexiones, macroporos distantes están unidos por pequeñísimos canales - por dentro de los cuales se mueve el agua y el aire del suelo.

Cuando el suelo está mojado, inmediatamente después de una lluvia, el agua ocupa la totalidad de los poros enseguida la fuerza de gravedad hace que baje hacia el fondo del suelo, desocupando los macroporos, pero permaneciendo en los más finos y en los de mediano tamaño. A medida que el agua se hace más escasa, por el consumo de las raíces es retenida más fuertemente por las partículas sólidas del suelo, hasta un punto en que las plantas no son capaces ya de sacar más agua y se marchitan (Punto de marchitez permanente), aún en este estado de sequedad hay bastante agua en los poros más finos y adsorbida^a la superficie de las arcillas y otras partículas.

Las plantas requieren de grandes cantidades de agua, la cual obtienen directamente del suelo (excepto unas pocas plantas de desierto que pueden recibirla del aire). La cantidad de agua aprovechable por las plantas se encuentra entre el Punto de Marchitez Permanente y la Capacidad de Campo (agua que queda en el suelo después de 24 horas de haber sido saturado)

Otra característica importante del comportamiento del agua es la velocidad con que penetra la superficie del suelo, "Velocidad de infiltración" la cual está asociada a la permeabilidad (textura) y a la

"velocidad de percolación" (velocidad de movimiento vertical del agua dentro del suelo). La facilidad con que el agua se mueve en el suelo (dentro), permite que una lluvia sea absorbida con rapidéz, evitando que gran parte escurra por la superficie y ocasione erosión.

Aparte del comportamiento físico del agua dentro del suelo, existe un comportamiento químico que es fundamental para la vida de los vegetales.

El agua es un solvente extraordinariamente eficaz, de manera que es capaz de contener gran cantidad y variedad de sales en solución.

Las plantas se alimentan de los minerales del suelo, que provienen de rocas descompuestas, estos minerales se combinan formando gran cantidad de diversas sales disueltas en el agua, los vegetales al absorber agua también reciben estas sales y las incorporan a sus propios tejidos.

El agua y las sales disueltas, reciben el nombre de "solución del suelo". Existe un intercambio de nutrientes (sales) entre la parte sólida del suelo y la solución del suelo, como también entre ésta y las raíces de los vegetales. Estos intercambios dependen de la concentración de sales en el agua, las cantidades totales de sales en el suelo y la cantidad de agua.

La Materia Orgánica

La materia orgánica se presenta en dos formas: desechos vegetales y animales parcialmente destruidos, y humus.

Hojas, ramas gruesas y finas, raíces y troncos son los materiales vegetales que componen la materia orgánica restituida al suelo.

Estos elementos, en primer lugar, presentan una protección para el suelo por cuanto lo defienden del golpe de la gota de lluvia que podría erosionarlo, en segundo lugar, contribuyen a detener el agua que escurre sobre el suelo, de modo que facilita su infiltración.

La descomposición de los desechos vegetales es un proceso bioquímico en el cual intervienen una cadena de organismos de tamaño muy pequeño (microscópicos), y que termina en una transformación química total de los materiales originales, este material final es conocido como "humus". Esta sustancia, generalmente de color negro o pardo es de naturaleza coloidal.

El humus posee una capacidad para almacenar agua y nutrientes que supera mucho a la de la arcilla. De manera que un suelo rico en humus será muy fértil, a menos que falte específicamente algún nutriente mineral. El fósforo y el azufre son dos importantes elementos minerales que son entregados a la planta por el humus, por otro lado, es la única fuente del suelo que entrega nitrógeno.

Aún cuando la materia orgánica no excede el 5%, en gran parte de los suelos, la influencia que tiene sobre las características y las propiedades del suelo son enormes. La permeabilidad, la fertilidad, la vida microbiana, la acidéz, la estructura del suelo son determinadas - en una u otra forma por la materia orgánica.

Factores de Formación del Suelo:

Todos los suelos se forman a partir de un material sólido, (rocas, arena, cenizas volcánicas, etc.), el cual es modificado químicamente hasta cambiar totalmente sus propiedades originales. Esta modificación depende de los siguientes factores:

1. Clima: especialmente temperatura y humedad.
2. Organismos vivos: sobre todo la vegetación nativa.
3. Naturaleza del material de origen: textura, composición química y mineralógica.
4. Topografía de la región.
5. Tiempo que los materiales han estado transformándose.

1) Clima: Tal vez es el factor de mayor importancia, normalmente la temperatura y el agua determinan qué reacciones químicas se producen y con qué velocidad. Además controla la cantidad y tipo de vegetación presente, por lo tanto la interrelación de ambos tiene una importancia a menudo definitoria. Si no hay limitantes de otro tipo el clima es quién dirige la formación del suelo.

2) Cubierta vegetal: La vegetación actúa modificando las influencias climáticas. Por otro lado sus desechos entregan al suelo (en la superficie) los nutrientes que fueron extraídos de la parte profunda, estableciendo un ciclo renovador. Los distintos tipos de plantas influyen en forma diferente, según su forma, tamaño, cantidad, composición química de sus desechos, etc.

3) Material originario: Las características de este material son traspasadas, en parte, al suelo. La textura y estructura influyen mucho en el comportamiento del agua dentro del suelo. Al descomponerse el material de origen libera gran cantidad de compuestos químicos, la mayor abundancia de alguno de ellos imprime al suelo determinada condición (por ejemplo las calizas no forman suelos ácidos).

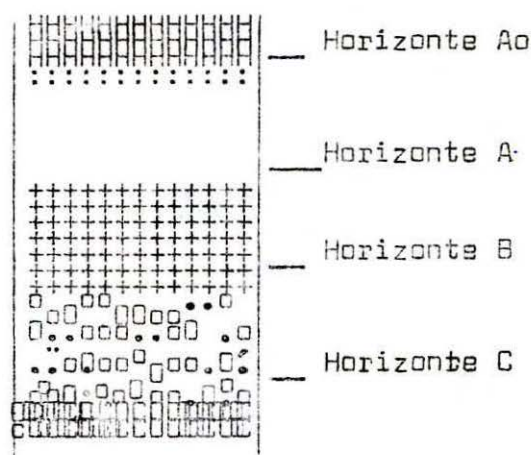
4) Topografía: La topografía actúa principalmente sobre el clima, modificándolo con la altitud, pendientes, exposición de las laderas al sol, etc. Con esto determina el calor y la humedad que tiene un lugar determinado.

5) Tiempo: La descomposición del material original es lenta. Bajo condiciones iguales de los otros factores podemos diferenciar un suelo joven de uno maduro por intermedio de la profundidad del suelo (mayor en el maduro).

El Perfil del Suelo

Un corte del suelo desde la superficie hasta el material menos transformado, es lo que se llama perfil. En este corte podemos ver zonas de distintos colores, texturas, espesores, etc. que se disponen paralelamente en forma más o menos horizontal, estas zonas se denominan horizontes.

GRAFICO N° 3



En el Gráfico N° 3 se ve un perfil de suelo de bosque de regiones húmedas más o menos frías. El horizonte A0 corresponde a una acumulación de materia orgánica entera con algún grado de descomposición. El horizonte A tiene ya una composición mineral preponderante, en su parte superior encontramos gran cantidad de humus, además se caracteriza por un fuerte lavado tanto del humus como de óxidos de hierro y sales, lavado que se efectúa verticalmente por efecto del agua, posee color claro excepto en

la parte superior donde el humus lo obscurece notablemente. El horizonte B es donde se acumula el material lavado de A, por lo tanto está más teñido, más oscuro y más rojo por los óxidos de hierro, es más pobre en humus utilizable por las plantas, el humus, el óxido y las sales precipitan en compuestos insolubles. El horizonte C es el material de origen que está en vías de descomposición y más o menos entero aún.

Estos tres horizontes elementales se subdividen en otras que se diferencian con mayor grado de detalle. El número de horizontes, el espesor de cada uno de ellos, tanto como el color, la textura, porosidad, acidéz, cantidad de elementos nutrientes, etc. está determinado por los factores que forman el suelo, los cuales pueden variar radicalmente en tan sólo unos pocos metros de distancia.

II. CLASIFICACION DE SUELOS

El primer intento de clasificación del suelo como un cuerpo natural, corresponde a la Escuela Rusa de Dokuskaiev, quién enfatizó el color del suelo como elemento preponderante, fue él también quién hizo el estudio de perfil del suelo que acabamos de ver. En seguida Sibirtzev, de la misma escuela de estudio, dió las bases de "zonalidad" que se ocupa en la clasificación americana de Baldwin, Kellog y Thorp, usada actualmente en gran parte del mundo.

1. Suelos Zonales: aquellos suelos en que el clima es el factor de -
formación que influye más que ningún otro.
2. Suelos Infrazonales: suelos en que algún factor, distinto del clima,
influye preponderantemente en la formación del suelo.
3. Suelos Azonales: el factor tiempo determina un suelo con escasa evo-
lución o desarrollo (muy joven).

1. Suelos Zonales

- a) Suelos de las zonas frías
- b) Suelos claros de regiones áridas
- c) Suelos oscuros de gramíneas, semiárido, subhúmedo y húmedo
- d) Suelos de transición bosque-gramíneas
- e) Suelos claros podsolizados
- f) Suelos lateríticos de regiones boscosas templado-cálidas y
tropicales.

2. Suelos Infrazonales:

- a) Suelos halomórficos (salinos y alcalinos) de regiones áridas
mal drenadas y depósitos literales.
- b) Suelos hidromórficos, marismas, áreas de infiltración y de -
presiones.
- c) Suelos calcimórficos, con acumulaciones de calcio dentro del
perfil o en el fondo.

3. Suelos Azonales

- a) Litosoles - rocas
- b) Regosoles - arenas
- c) Aluviales - piedras de canto rodado

Esta clasificación dada comprende además otras subdivisiones -
más pequeñas diferenciadas por características específicas.

1. Suelos Zonales

a) Suelos de tundra: presente en zonas muy frías, tanto que - gran parte del año el suelo está congelado. La vegetación comprende lí quenes, musgos, plantas de flor y arbustos, sin árboles. La temperatura baja no permite una descomposición rápida de la materia orgánica, - por lo que ésta se acumula formando una masa fibrosa de color pardo. - En la parte baja del perfil (30 o más cm.) se encuentra hielo.

b) Suelos claros de regiones áridas: el clima es el factor do - minante, especialmente la temperatura más que la lluvia. Típicos de re - giones desérticas y semidesérticas, con escasa vegetación. Caracteriza - dos por un color superficial gris o pardo y rojo, delgados, muy poca - materia orgánica, el material generador, afecta intensamente el color y la textura.

c) Suelos de color oscuro con vegetación herbácea: clima semi - áridos, subhúmedos y húmedos. Desarrollados en condiciones altamente - bióticas, caracterizados por horizontes fácilmente distinguibles, el - superior es de color pardo oscuro a negro, es común una zona de carbo - natos en la parte inferior de los horizontes B ó C.

d) Suelos de transición bosque-praderas: clima subhúmedo o seco vegetación de praderas y bosque. Horizonte superficial obscura a pardo rojizo claro, tienen una mala estructura del horizonte superficial que

se endurece rápidamente al secarse con el calor.

e) Suelos claros podzolizados: el clima es más frío y más húmedo. La vegetación es fundamentalmente bosque. Estos suelos se caracterizan por un fuerte proceso de lavado interno, que determina un horizonte A con acumulación de materia orgánica superficial y de color claro hasta el límite del horizonte B, que es de color pardo y tiene una estrata oscura donde se acumula el humus, los óxidos de hierro y aluminio, las sales, etc. que se lavaron del horizonte A.

f) Suelos lateríticos de las regiones de bosque: templados, cálidos y tropicales. Las altas temperaturas determinan una rapidísima descomposición de la materia orgánica, que no llega a acumularse sobre el suelo; por otro lado el exceso de lluvias provoca un lavado excesivo del suelo, no sólo se pierde el humus, sino también gran parte de las sales e incluso el sílice. El suelo es pobre en bases (nutrientes) y fuertemente ácido. El color de estos suelos es generalmente rojo.

2. Suelos Infrazonales

a) Suelos halomórficos: son típicos de zonas de baja precipitación, asociados a lugares con mal drenaje. La alta concentración de sales solubles (especialmente de sodio) llega a ser tóxica para la mayoría de las plantas, sin embargo la construcción de un sistema de drenaje adecuado y un lavado del suelo por riego puede ser habilitado para agricultura, un mal riego puede aumentar el daño. El color de los suelos con alto contenido de sodio normalmente es negro. Los suelos donde predominan las sales de calcio a menudo poseen una costra superficial blanca.

b) Suelos hidromórficos: se presentan en lugares de mal drenaje en zonas de alta pluviosidad, normalmente la vegetación es arbórea, pero también las hay en praderas. El perfil puede ser rico en materia orgánica (mal humificada) a preponderantemente minerales, los colores son preferentemente negruzcos.

c) Suelos calcimórficos: la característica principal es que se forman a partir de materiales originalmente calcáreos, lo que les da un carácter neutro o básico. La vegetación puede ser herbácea o arborecente. Normalmente el primer horizonte tiene bastante materia orgánica, las abundantes sales de calcio se depositan en el horizonte B o en el C, en forma de estratos o de grumos.

3. Suelos Azonales

a) Litsoles: se reducen a una masa de rocas o fragmentos de roca, fresca o imperfectamente descompuestas.

b) Regosoles: son materiales sueltos, del tamaño de la arena o menores, no se han consolidado ni desarrollado aún una morfología o desarrollo de perfil.

c) Aluviales: consiste en una estratificación geológica de materiales, son suelos incipientes, sin evolución.

Existen muchos otros tipos de clasificaciones de suelo que aportan una mayor o una menor cantidad de detalles, o que se hacen con distintos objetivos (científicos, tecnológicos, económicos, de uso, etc.). Veremos en forma muy esquemática la clasificación de suelos según su capacidad de uso, vigente actualmente en el país.

La capacidad de uso del suelo se refiere a las aptitudes y limitaciones de éste para ser usado en distintos tipos de cultivo. Para los suelos de secano, sin riego artificial, se establecen siete categorías o clases, que indican sus características, en el cuadro N° 3 se muestra dicha clasificación.

BIBLIOGRAFIA

- BUCKMAN Y BRADY, 1966 "Naturaleza y Propiedades de los Suelos". Traducción de R. Salord Barceló. UTEHA, Barcelona. 590 pp.
- PERALTA, P. M., 1973 "Uso, Clasificación y Conservación de Suelos". Apuntes mimeografiados para estudiantes de Ingeniería Forestal, Universidad de Chile. Santiago. 188 pp.
- RUSSELL, J. y RUSSELL, W., 1959. "Las Condiciones del Suelo y el Desarrollo de las Plantas". Trad. de la 8° ed. inglesa por Gaspar González. Aguilar, Madrid. 771 pp.

ANTECEDENTES SOBRE LA EROSION, SU EVALUACION Y CONTROL EN CHILE

Juan C. Ibarra

I.- CONCEPTOS BASICOS

En primer lugar, es necesario saber que es y cual es el significado de este proceso, el cual se ha llamado "el cáncer del suelo".

Erosión:

Es la eliminación de partículas del suelo productivo, transportándolas desde el lugar de origen, por acción del agua y del viento, para depositarlas posteriormente como partículas inertes en - otros lugares donde van a producir daños como embankes de ríos, dunas, sedimentación de tranques, etc. Junto a estos daños se han producido otros, como la pérdida de la fertilidad, derrumbes, cárcavas, etc., en el lugar original de esas partículas. Es imprescindible establecer de antemano los dos grandes tipos de erosión, que son:

Erosión geológica: es la erosión de tipo - natural que actúa formando los paisajes. Es de su ma lentitud y prácticamente no puede apreciarse, pues no produce alteración al equilibrio.

Erosión acelerada: es la erosión producida por la acción del hombre. Es la causa de la mayoría de las alteraciones ecológicas que se producen.

La erosión que debe ser analizada y controlada en forma eficaz, previniéndola o cuando se ha producido, es la erosión acelerada, de la cual se hablará en adelante.

Causas de la Erosión:

A pesar de que las causas directas dicen relación

con factores físicos, como agua y viento, existe una serie de razones que permiten la acción de - estos elementos.

Estas razones tienen origen común en el hombre y sus necesidades, y corresponden a las mismas que originaron la destrucción de los recursos naturales renovables.

Ellas son:

- aumento constante de la población,
- sistemas de tenencia de la tierra,
- deseo de satisfacer necesidades,
- aumento de los conocimientos, y
- desconocimiento de los principios ecológicos.

Esto provocó una actitud irracional del hombre en lo que a conservación del recurso suelo se refiere, demostrándose esto por las actitudes tomadas, que fueron entre otras:

- a) Deforestación de suelos con pendientes para usarlas en faenas agrícolas o ganaderas.
- b) Intención de obtener el máximo de los - suelos con un cultivo dado.
- c) Uso del fuego sin considerar daños posibles.
- d) Incendios de bosques.
- e) Riego mal aplicado.
- f) Aplicación de prácticas agrícolas no - adecuadas.
- g) Sobrecarga animal por hectárea.
- h) Uso del suelo sin considerar su aptitud.

Consecuencias de la Erosión:

Las acciones del hombre traen algunas consecuencias directas sobre el suelo, las cuales producen los daños que son la secuela que dejan los procesos erosivos.

Las consecuencias directas de la acción del hombre son:

- a) Suelos desprovistos de la cubierta protectora, quedando expuestos a la acción del agua y viento.
- b) Pérdida de la fertilidad de los suelos.
- c) Destrucción de la vida del suelo.

Los daños que pueden producirse son:

- a) Pérdida de las cualidades de los suelos.
- b) Pérdida de los rendimientos.
- c) Pérdida o disminución de la vida útil - de las obras de infraestructura.
- d) Pérdida de los terrenos de cultivo por depositaciones.
- e) Contaminación de aguas de los ríos, lagos y mares.
- f) Reemplazo de la vegetación palatable - por otra no palatable.
- g) Pérdida de calidad del agua potable y de riego.
- h) Pérdida de calidad de los paisajes.
- i) Abandono de las zonas afectadas, etc.

Factores que Condicionan la Erosión:

Son de tres tipos:

- a) Hombre ✓
- b) Clima ✓
- c) Suelo ✓

a) Hombre: Su acción ya ha sido analizada - en las causas de la erosión.

b) Clima: Ejerce su acción principalmente - mediante la precipitación y viento.

La precipitación actúa a través de:

- cantidad de agua caída.
- intensidad de las lluvias.
- distribución en el año.

- Duración de la lluvia.

El viento actúa a través de:

- velocidad
- frecuencia con que sople
- turbulencias.

c) Suelo: Influye mediante sus características específicas, las cuales lo hacen más o menos susceptible a erosionarse. Las características que actúan son:

- estructura
- textura
- capacidad de infiltración
- permeabilidad
- pendiente
- cobertura
- exposición
- cantidad de materia orgánica, etc.

Tipos de Erosión Según el Agente que la Origina:

Erosión por agua

Erosión por viento

Erosión por Agua o Erosión Hídrica:

Es producida por la acción del agua, la cual puede actuar de dos maneras:

- a) por lluvia
- b) por riego mal aplicado.

El proceso es similar en ambos casos, existiendo una diferencia en el caso de erosión por lluvia, donde hay una acción del impacto de las gotas y del agua de escurrimiento.

Erosión por Lluvia:

Es un proceso bastante complejo en el cual intervienen varios factores que son: cantidad, inten-

sidad y duración de la lluvia; naturaleza del flujo superficial; cobertura vegetal; naturaleza del suelo, etc.

Mecánica de la Erosión por Lluvia:

El proceso consta de tres partes que son:

- soltación
- arrastre
- depositación

a) Soltación: Es la acción producida por el impacto de la gota de lluvia sobre el suelo, la cual, dependiendo de su tamaño y velocidad, - producirá por un lado, una explosión que hará - saltar las partículas, y por otra parte, irá compactando el suelo.

Esta acción es importante, pues determinará el tipo de erosión que va a presentar el suelo, según la pendiente que presente y el ángulo de caída de las gotas de lluvia. Esta parte del proceso deja las partículas del suelo en posición de ser arrastradas.

b) Arrastre: Es la acción que sigue a la soltación de las partículas y se produce cuando ya se ha juntado una cantidad suficiente de agua para permitir el desplazamiento de esas partículas.

Este proceso se efectúa principalmente en el sentido de declive de la pendiente, al entrar las partículas a la corriente de agua o por la fuerza de golpe de las gotas.

En el caso de no existir pendiente, las partículas soltadas no tendrán un movimiento de arrastre, produciéndose una erosión típica.

El arrastre mismo, se produce mediante el agua de escurrimiento, que se mueve en un principio como

una lámina delgada, la cual tiende a concentrarse formando canalículos, que aumentan de tamaño, con lo cual aumenta la velocidad del agua y la cantidad de materiales arrastrados.

c) Depositación: Es la parte final del proceso y se produce cuando hay cambios en la velocidad del agua o cambios de pendientes (planicie).

La depositación se produce comenzando por las partículas más gruesas, que normalmente quedan en suelos de cultivo, hasta las más finas, que generalmente llegan a los ríos y mares.

En la mecánica de la erosión por mal riego, los procesos son iguales, pero la soltación de las partículas se produce exclusivamente por acción del agua de escurrimiento en suelos con pendientes.

Tipos de Erosión por Agua:

Son específicos según como actúe la gota de lluvia o del agua de escurrimiento, existiendo 6 tipos:

- a) laminar o de manto
- b) de zanjas o de cárcavas
- c) de fertilidad
- d) de encharcamiento
- e) de deslizamiento
- f) de depositación.

Erosión Laminar o de Manto: Es producida por la soltación de partículas y su posterior arrastre, por acción de las gotas de lluvia y/o del escurrimiento que actúan en forma pareja sobre el suelo, removiendo una capa que se moviliza. De este modo, queda una nueva porción de suelo con posibilidad de ser erosionada. Es típica de suelos con pendiente y actúa en forma más severa.

en las partes altas.

Erosión de Zanjas: Se produce a continuación de la erosión de manto, al canalizarse el agua de - escurrimiento y avanzar con mayor velocidad, arrastrando mayor cantidad de materiales.

La máxima erosión se produce en las partes bajas, pues el agua alcanza mayores velocidades y es ca - páz de transportar tanto material como para pro - ducir un máximo socavamiento.

De esta manera, las zanjas avanzan hacia la cum - bre de los cerros.

Los tipos de zanjas son dos:

a) Activas: Si no han llegado a la cumbre y están desprovistas de vegetación y materia or - gánica.

b) No Activas: Si han alcanzado la cum - bre y se está estableciendo vegetación en el fon - do.

Erosión de Fertilidad: Es la producida al per - derse todos los minerales y materiales nutriti - vos del suelo por un sobre uso, principalmente - cuando se pierde el material más fino del suelo (arcilla, limo y materia orgánica), en donde ra - dica los fenómenos de intercambio y comportamien - to del suelo frente al agua.

Erosión de Encharcamiento: Se produce por la ac - ción de las gotas de lluvia en terrenos planos. En primera instancia se produce una acción de ba - tido que destruye la estructura del suelo dejan - do las partículas finas en suspensión, ya que la gota ha compactado de tal forma el suelo que no puede infiltrarse. Luego al secarse la superfi - cie del suelo se produce un encostramiento.

Erosión de Deslizamiento: Se debe a la acción del agua de infiltración. Se produce principalmente en suelos de ceniza volcánica que descansan sobre horizontes de arcilla o en suelos que descansan sobre un material impermeable.

Al infiltrarse el agua llega a la capa de arcilla, la cual se pone resbalosa, o bien a la capa impermeable sobre la que se desliza al suelo superior por gravedad al no tener una vegetación que ayude a sostenerla.

Erosión de Depositación: Se produce por el decrecimiento de la velocidad del agua o al existir terrenos planos (principalmente terrenos de cultivo) con lo cual se depositan los materiales arrastrados.

Erosión por Viento o Eólica: Es predominante de regiones áridas y semiáridas en donde existe una vegetación muy escasa que no puede otorgar una cobertura total al terreno. Se produce por que el suelo permanece seco en los períodos de mayor intensidad del viento y por las condiciones del suelo y viento.

Mecánica de la Erosión por Viento:

El proceso se desarrolla mediante 3 tipos de movimientos, que son:

- soltación
- arrastre superficial
- suspensión

a) Soltación: Se produce al existir una presión del viento sobre las partículas que sobresalen de la superficie, las cuales toman un movimiento rotatorio soltando y produciendo una colisión con otras partículas al caer. Al produ-

cirse la caída de las partículas que han saltado, por acción de la velocidad del viento y gravedad, caen con mayor velocidad haciendo que salten nuevas partículas. Las partículas que se mueven por saltación tienen un tamaño que va de 0.1 a 0.5 mm de diámetro.

b) Arrastre Superficial: Es producida por la presión del viento sobre partículas de mayor tamaño, las cuales no pueden saltar, o bien se ponen en movimiento por los choques de las otras partículas. El tamaño de estas partículas va de 0.5 a 10.0 mm y se movilizan a distancias relativamente cortas.

c) Suspensión: Corresponde al movimiento de las partículas de tamaño a 0.1 mm, las cuales al producirse el impacto contra el suelo, de las partículas saltadas por el viento ascienden y no pueden caer nuevamente por que su velocidad de caída es menor que la velocidad de ascensión. De este modo se movilizan en las masas de aire pudiendo alcanzar grandes distancias. Estas partículas difícilmente son extraíbles por la acción directa del viento.

Como etapa final, todas las partículas, cualquiera sea la forma de movilización son depositadas al decrecer la velocidad del viento en forma espontánea o por acción de una barrera natural (vegetación) o mecánica (ramas o piedras).

Tipos de Erosión por Viento:

Son de 3 tipos, dos de los cuales son similares a los producidos por el agua:

- a) laminar o de manto
- b) de fertilidad
- c) dunas

Dunas: Son producidas por la acción del viento,

ya sea por suspensión o arrastre superficial depositándose en sectores donde encuentra una barrera. Pueden presentar formas y tamaños diferentes, pero siempre se encuentran orientadas en el sentido del viento dominante. Normalmente son de carácter litoral, pero pueden penetrar al Continente dañando suelos productivos y cultivos ya establecidos.

Indicadores de Erosión

Son las diferentes formas como puede evaluarse el grado de erosión, ya que corresponden a los resultados visibles que deja la erosión cuando se está produciendo o ya se ha producido.

Estos modos de evaluar la erosión son útiles pues presentan la ventaja de la rapidéz, porque permiten efectuar comparaciones con el estado de deterioro de otros suelos y porque permiten hacer inventarios de erosión de grandes áreas.

Los indicadores de erosión más comunes son:

- a) disminución de rendimientos
- b) cambio de color de los suelos
- c) pedestales de erosión
- d) pavimento de erosión
- e) zanjas activas (forma, tamaño y cantidad)
- f) denudación eólica
- g) dunas
- h) línea de líquenes
- i) inclinación de los árboles

Categorías de Erosión:

Normalmente se usan las siguientes categorías de erosión, distinguiéndose entre la erosión de manto y la de zanjas:

Erosión de Manto:

- a) no aparente
- b) ligera
- c) moderada
- d) fuerte
- e) muy fuerte

Erosión de Zanjas:

- f) ocasionales
- g) frecuentes y profundas
- h) muy frecuentes y muy profundas

Dado que ambos tipos de erosión se presentan juntas, es necesario combinar las dos categorías de erosión para determinar la cantidad de suelo perdido.

Características de las Categorías:

No Aparente:

- de regiones planas
- imposible detectarla
- suelo perdido va de 0 a 20%

Ligera:

- cambio de color en el suelo
- presencia de piedras en la superficie
- diferencias en el desarrollo de la vegetación.
- presencia de algunos pedestales de erosión.
- suelo perdido va de 20 a 40%

Moderada:

- se acentúa el cambio de color
- presencia de subsuelo

- desarrollo de la ~~vegetación afectada~~ notoriamente
- son bien visibles los pedestales y pavimentos de erosión
- suelo perdido va de 40 a 60%

Severa:

- horizonte superior sólo en pequeñas áreas
- subsuelo visible en grandes áreas
- la vegetación está seriamente afectada
- todos los indicadores de erosión están presentes
- suelo perdido va del 60 al 80%

Muy Severa:

- sólo existen retazos de suelo
- se presenta a la vista el subsuelo y material de origen
- suelo perdido va del 80 al 100%

Zanjas Ocasionales:

- son periódicas (una a dos por Há)
- se presentan normalmente en zonas de piedmont

Zanjas Frecuentes:

- Se encuentran cada 10 a 20 mts.
- no son cruzables por implementos de labranza
- son activas

Zanjas muy Frecuentes:

- área totalmente cubierta

Control de la Erosión

Es una de las labores de mayor importancia para evitar la pérdida del recurso suelo, elemento fundamental para la sobrevivencia de cualquier nación.

La forma de efectuar el control puede ser mediante dos métodos, según las técnicas empleadas.

- 1) naturales
- 2) artificiales

Métodos Naturales de Control: Son los métodos - que se utilizan principalmente para impedir que la erosión se produzca o cuando recién se ha - iniciado, siendo los principales:

- a) cobertura vegetal
- b) cultivos de protección
- c) abono verde
- d) rotación de cultivos
- e) praderas
- f) bosques

Métodos Artificiales de Control: Son los que se utilizan cuando ya se han producido pérdidas de suelo, de tal magnitud que sea imposible usar - los métodos naturales para impedir daños más graves. Se les puede clasificar en tres tipos, que son:

- a) transitorios
- b) semipermanentes
- c) permanentes

Los principales métodos que se ocupan son:

- a) defensa de cauces
- b) estructuras para prevenir avalanchas
- c) desarenadores
- d) cortina cortavientos

- e) control de cárcavas
- f) control de dunas

De éstos, los que tienen mayor uso por los tipos de erosión más comunes son los tres últimos, razón por la cual se estudiarán más a fondo.

Cortina Cortavientos: Son estructuras construidas con árboles y arbustos plantados en forma perpendicular a los vientos dominantes y que cumplen la función de hacer disminuir la velocidad del viento y evitar daños a las plantas por efecto de la erosión eólica y desecación del suelo.

Generalmente se colocan árboles y arbustos de menor a mayor para luego disminuir nuevamente el tamaño. De este modo el viento asciende más fácilmente.

También es importante que el viento pueda pasar por entre la vegetación que compone la cortina, para que no se produzcan remolinos que puedan causar mayor daño.

Por último las especies a utilizar deben ser adaptadas a las distintas zonas para permitir un mejor desarrollo (#)

(#) Consultar trabajo "Especies Adaptadas a la Zona Norte - Posibilidades Forestales de las Zonas Áridas y Semiáridas". Antonio Vⁱta, Universidad de Chile.

Control de Cárcavas: Puede efectuarse con vegetación directamente cuando no son demasiado grandes y profundas o colocando en primera instancia barreras mecánicas que permitan disminuir la velocidad del agua depositando sedimentos.

Por Colocación de Vegetación Directamente:

En primer lugar hay que emparejar la zanja y rebar los bordes para permitir el uso de máquinas. Posteriormente se realiza la reforestación por siembra directa o por trasplante de plántulas, las cuales deben ser aptas para la zona.

El cuidado posterior es similar a cualquier plantación. Otra forma de colocar vegetación en forma directa es sembrando pastos o colocando especies que regeneren fácilmente

Con Barreras Mecánicas: Consiste en colocar represas a una distancia dada, según la pendiente y profundidad de la zanja, con el objeto de que se produzcan depositaciones de material al disminuir la velocidad del agua.

Al cabo de algunos años, al rellenarse completamente el sector de las represas, puede iniciarse el proceso de introducir vegetación en los bordes y zonas ya estabilizadas.

Las represas pueden construirse en variados materiales, siendo lo más común utilizar ramas, piedras, arbustos, paja, etc., dado su bajo costo.

Si fuese necesario, puede establecerse un nuevo sistema de represas que permitan la eliminación total de la zanja, siendo fundamental que se mantenga siempre una cobertura vegetal adecuada para que no se reinicie el proceso.

Control de Dunas: Puede efectuarse mediante dos sistemas que son el mecánico y el vegetal, pero cualquiera de ellos que pretenda ocuparse, debe cumplir con dos etapas que son fundamentales.

- a) estabilización
- b) mejoramiento del suelo

Estabilización: Consiste en impedir que continúe el aporte de materiales a la duna. Esta labor puede realizarse por medios mecánicos como muros de cemento, cerco de ramas, etc., o bien colocando especies vegetales adecuadas.

Mejoramiento del Suelo: Consiste en instaurar una vegetación que pueda otorgar al suelo los nutrientes y materia orgánica necesarios para conseguir que mejoren las características propias del él.

Control Vegetal de Dunas:

Se efectúa en primer lugar seleccionando las especies necesarias y aptas para la zona en cuestión. Luego de eso deben efectuarse los estudios de vientos y marcas a fin de iniciar los trabajos mismos.

- a) Instalación de la Anteduna o Faja Litoral.: Es muy importante, pues es la primera barrera que se pone para detener el avance de las arenas. Se ubica lo más cerca posible de la playa, tanto como lo permita la más alta marea. Puede colocarse una abundante cantidad de ramas en el sector para permitir un mejor arraigamiento. La anteduna debe tener un largo similar a la duna litoral, siendo su ancho de 25 a 30 mts. Puede estar constituida por más de una faja, en tal caso la segunda se plantará a 30 ó 40 mts. de la primera. Especies utilizadas: barrón, avena de arena.

b) Plantación de Leguminosas: Se efectúa a continuación de las fajas de la anteauna, teniendo dos funciones que son las de protección y aporte de sustancias nutritivas al suelo. Estas plantas deben tener las características de resistencia a la salinidad del aire y del suelo y ser de rápido crecimiento. Especies utilizadas: chocho, retamo amarillo, mioporo, doca.

c) Plantación de Arboles: es la última etapa, efectuándose cuando la cubierta vegetal está completa. Puede realizarse directamente, o bien abriendo fajas perpendiculares al viento dominante. Esta etapa puede iniciarse cuando el suelo ya se ha estabilizado y existe la fertilidad suficiente como para que puedan desarrollarse las plántulas. Especies utilizadas: pino insigné, eucalipto, acacias, álamos.

II.- EVALUACION DE LA EROSION EN CHILE

Chile es un país muy susceptible a la erosión, debido a que posee un relieve formado por altas cordilleras, una depresión intermedia y una cordillera de la costa, que la mayoría de las veces, presenta fuertes pendientes, dando máximas facilidades al escurrimiento rápido de las aguas, las cuales transportan una gran cantidad de materiales que llegan hasta el mar. *y por lo tanto que se produce*

Junto con esto, las costas del país son sumamente abiertas quedando expuestas a los vientos *de la* que devuelven los materiales desde el mar, formando las dunas litorales.

A pesar de esto, la razón fundamental de la erosión en Chile es la actitud del hombre, quién desde los tiempos de la Colonia ha provocado una continua alteración de los recursos naturales, que con el correr de los años se ha transformado en una destrucción alarmante que hoy se encuentra a la vista de todos.

Este panorama un tanto trágico, no puede presentarse con cifras totales para el país, ni estudios de los años recientes, pues no existen datos para todo el territorio y la mayoría de los estudios efectuados son para zonas específicas.

Ahora bien, si se recorre el país, pueden encontrarse muchas zonas en que se ha llegado a una situación tal, que el daño es prácticamente irreversible, siendo imposible su rehabilitación.

Si se pretende hacer una evaluación de la erosión en el país, es preciso separarla según el agente causal.

Erosión Hídrica:

Un primer estudio que consideró una gran extensión del territorio fue el de Manuel Rodríguez Z., quién en 1957 entrega una cifra cercana a los 19.000.000 de Hás. erosionadas en distintos grados.

Cuadro 1

Superficie Afectada por la Erosión en Distintos Grados

	Miles de Hás	% Sup. Agrícola	% Sup. Territorial
Ligera o no aparente	5.360	17.4	7.2
Ligera dominante	9.475	30.5	12.7
Moderada	875	2.7	1.1
Moderada a severa	3.280	10.5	4.4
Total	18.870	61.6	25.4

Estas cifras si bien no son significativas en la actualidad, deben relacionarse con la cantidad - de suelos agrícolas entregadas por el autor y - que ascienden a 30.808.200 Hás.

El panorama se presenta muy desolador si se considera que en la actualidad el potencial de suelos agrícolas alcanzó sólo a 6.000.000 de Hás.

Otra investigación mucho más actual, es el -
efectuado por Mario Peralta P., quién en un es-
tudio para la zona comprendido entre Linares y
Puerto Montt obtuvo cifras muy significativas.

Cuadro 2

Estudio de Suelos desde Linares a Puerto Montt

Erosión en distintos grados	4.406.000 Hás
Suelos limitados por factores específicos	932.000 Hás
Suelos con mal drenaje	486.000 Hás
Suelos sin limitaciones	166.000 Hás

La investigación más importante es la efectuada
por el IREN y que abarca la zona de la costa des-
de Aconcagua a Cautín.

Este trabajo ha permitido precisar algunas ci -
fras, las cuales aún cuando incluyen errores, -
son fundamentales para señalar la magnitud de -
la catástrofe que se aproxima.

Las cifras por provincias, sobre un área estu -
diada de unas 4.480.000 Hás, se presentan en el
Cuadro 3.

Cuadro 3

Erosión por Provincias en la Zona Costera

Provincia	Area Estudiada	% de Sup. territor.	Area erosionada	% de área estudiada
Valparaíso	325639.2	62.55	207396.3	63.5
Santiago	602130.9	34.04	381944.2	63.4
O'Higgins	105615.0	14.86	56142.0	53.2
Colchagua	489921.4	58.83	259086.2	52.9
Curicó	143744.8	27.29	125954.2	87.6
Talca	113951.9	11.23	101426.6	89.0
Maule	558103.0	100.00	382802.5	68.6
Ñuble	339110.6	24.30	227600.4	40.8
Bío Bío	161810.6	14.53	93062.3	57.5
Concepción	464145.6	81.69	313393.9	68.6
Arauco	509204.4	100.00	275383.4	54.0
Malleco	563672.7	39.99	324288.9	57.5
Cautín	462532.7	25.16	101877.6	22.0
Total	4.840648.9		2.855298.5	59.0

De todos los datos obtenidos por distintas fuentes, se desprende que las provincias más afectadas son Maule, Concepción y Arauco.

Erosión Eólica:

- Las primeras cifras entregadas para el país sobre la erosión eólica, corresponden a las que - diera don Federico Albert, quién calculó que - existían en el año 1900 unas 244.150 Hás. de dunas o tierras arenizadas en la zona central del país.

Junto con esto, Albert estimaba que para el total del país la cifra debía ascender a unas - 600.000 Hás.

Con posterioridad, en el año 1956, el IREN realizó una investigación sobre erosión eólica que abarcó desde la provincia de La Serena hasta - Chiloé. Los resultados se presentan en el Cua - dro 4.

Cuadro 4Porcentaje de Dunas en Chile

Provincia	Dunas litorales		Dunas Continentales		Total	
	Sup. (Hás)	%	Sup. (Hás)	%	Sup. (Hás)	%
Coquimbo	4248.6	5.71	---	---	4248.6	3.24
Aconcagua	892.7	1.20	---	---	892.7	0.68
Valparaíso	2477.7	3.33	---	---	2477.7	1.89
Santiago	4365.9	5.87	119.2	0.21	4485.1	3.42
Colchagua	1944.9	2.61	---	---	1944.9	1.49
Curicó	809.3	1.09	---	---	809.3	0.62
Talca	1587.4	2.13	---	---	1587.4	1.21
Linares	---	---	38.0	0.07	38.0	0.03
Maule	15474.4	20.78	---	---	15474.4	11.80
Ñuble	638.1	0.86	7255.5	12.83	7893.6	6.03
Concepción	4141.1	5.56	25450.6	44.98	29591.7	22.59
Arauco	30709.3	41.26	1004.2	1.77	31713.5	24.21
Bío Bío	---	---	22586.4	39.92	22586.4	17.24
Malleco	---	---	124.4	0.22	124.4	0.09
Cautín	4133.5	5.58	---	---	4133.5	3.61
Valdivia	675.2	0.91	---	---	675.2	0.51
Osorno	105.6	0.14	---	---	105.6	0.08
Llanquihue	2234.3	3.00	---	---	2234.3	1.71
Total	74428	100	56578.3	100	131006.3	100

En términos generales la distribución de dunas en Chile es:

litorales	74428.0 Hás
continentales	56518.3 Hás

Las provincias más afectadas son: Arauco y Maule (dunas litorales); Concepción y Bío Bío (dunas continentales).

Lo más grave de la erosión eólica no radica en el porcentaje de suelos que cubren, sino en el continuo avance hacia el interior del continente, alterando notoriamente el paisaje.

Algunos efectos de la erosión en el país:

A la luz de las cifras entregadas, se está en condiciones de evaluar los daños producidos, tanto en las obras de infraestructura como en los suelos productivos, y más aún, pueden establecerse pérdidas futuras si no se toman medidas tendientes a controlar este mal.

Si bien, no todas las pérdidas pueden ser evaluadas económicamente, a lo menos se pueden enumerar los siguientes datos:

- a) reducción de la capacidad del Embalse - Cogotí de 250 a 140 millones de m³. por sedimentación, en un período de 30 años.
- b) reducción de la vida útil de los Embalses La Paloma y Rapel por efectos de sedimentación.
- c) inhabilitación de Puerto Aysén por efecto de aluviones del río Aysén.
- d) Pérdida de Valdivia y Constitución como puertos.
- e) pérdida de la navegabilidad de los ríos por efecto de las barras en la desembocadura.
- f) destrucción de puentes y caminos.
- g) aumento del costo de purificación del agua de uso urbano.
- h) gasto de aproximadamente \$ 600.000 al año en la mantención de la vía férrea del sector de Ritoque.
- i) altos costos de mantención en las cen -

trales hidroeléctricas para mantenerlas en uso.

j) riesgo para las vidas humanas por el uso de aguas contaminadas en el riego de los cultivos (esteros Marga-Marga, El Apestado y río Mapocho).

k) disminución de rendimientos agrícolas en muchas zonas del país.

l) necesidad de importar mayor cantidad de alimentos debido al mal uso del suelo y pérdida de suelos de cultivo (en el año 1971, últimas cifras disponibles, se importaron 314 millones de dólares).

Como resultado final, puede decirse que el panorama al cual se enfrenta el país, es bastante desastroso, pero esta gravedad se hace mayor si se considera la no existencia de cifras de los extremos del país y de gran parte de la precordillera andina.

La magnitud del daño está demostrando la imposibilidad de seguir efectuando análisis o afinando cifras. La labor fundamental de este momento corresponde a toda la ciudadanía, unos ayudando a la conservación de los recursos usándolos de manera adecuada y los otros (técnicos y profesionales) aportando las técnicas adecuadas y controlando el daño en las partes que se ha producido.

III.- ALGUNOS ANTECEDENTES SOBRE CONTROL DE EROSION EN CHILE.

1.- Control de Cárcavas

a) Los Vilos: Se usa un sistema de diques de contención, contruidos en piedra y ramas, - instaurándose la vegetación, una vez que ha comenzado la estabilización. El trabajo se efectuó durante un período de 5 años, lográndose una buena recuperación del suelo.

b) Peñuelas: Iniciado en el año 1976 en forma experimental, ocupándose un sistema de diques rústicos, contruidos con material de desecho del manejo de los bosques. El trabajo se encuentra recién en la etapa de acumulación de sedimentos, por lo cual no se ha establecido vegetación en las cárcavas. Paralelo al control mismo, se inició la forestación de las partes altas de la ladera, utilizando pino insigne y chocho.

c) Pichilemu: Durante 1976 se iniciaron trabajos de control en el interior de los bosques de pino insigne, utilizando los desechos de las podas y raleos. El sistema ocupado consiste en la construcción de diques que permitan acumular el material. Junto a estas labores se ha intentado establecer vegetación en las laderas y fondo de las cárcavas, para impedir un mayor arrastre.

d) Laguna de Torca: Se iniciaron los trabajos en 1976, con el fin de impedir el embancamiento de la laguna (Santuario de la Naturaleza). El control, de tipo mecánico y biológico, consiste en instalación de diques rústicos y plantación en las laderas de las cárcavas. Las especies utilizadas son pino insigne, sauce, chocho y quila.

2.- Control de Dunas.

a) Coquimbo: Se usó en primera instancia, control mecánico con un muro de protección sin obtener buenos resultados. También hubo un intento de control vegetal usándose mioporo, eucaliptus y acacias directamente, pero no fructificó debido a la salinidad del agua. Posteriormente se ensayó con tamarix, doca y chocho, obteniéndose buenos resultados con la doca. En el año 1974 se reiniciaron los trabajos por parte de CONAF trayéndose barrón desde la zona sur.

b) Chanco y Reloca: Es el control más antiguo que se realizó en el país. Se utilizó el barrón y avena de arena en primera instancia, - para continuar luego con chocho y retamo, introduciendo finalmente el bosque con pino insignne y eucaliptus, acacias y ciprés.

c) Llico: El control se inició en 1974, en un pequeño sector de la playa y posteriormente, durante 1976 se reanudaron los trabajos, completando la anteduna, para lo cual se utilizó el barrón. Como trabajos posteriores, se ha procedido a la siembra de chocho con un tendido de ramas y la plantación de especies arbóreas como el aromo y pino insignne.

d) Arauco: Es el trabajo de mayor envergadura en control de dunas realizado en Chile y consta de 3 etapas principales: siembra de pasto fijador (barrón); siembra de leguminosa (chocho); instalación del bosque (pino insignne).

e) Ritque: Trabajo recién iniciado por CONAF y U. de Chile en un sector pequeño en donde la duna se está movilizand. En este caso se está trabajando con barrón y ambrossia, como primeras etapas.

f) Pichilemu: Se ha iniciado recientemente con la plantación de barrón como anteduna y la siembra de chocho.

En lo que se refiere al control de dunas hay que hacer algunas consideraciones como son: las limitaciones de especies por efecto de la salinidad del suelo y baja pluviosidad en la zona norte, época de plantación para lo cual debe dividirse el país en 3 zonas que son, de Coquimbo a Valparaíso (mayo a julio), de Santiago a Talca (mayo a agosto) y de Maule a Chiloe (mayo a septiembre)

3.- Control Integrado

Corresponden a trabajos de control de erosión - que se están efectuando como parte de los planes de manejo de cuencas:

- a) Tomeco
- b) Las Minas
- c) Cachapoal
- d) Limari