

E77e
7547

EROSION DE LOS SUELOS EN CHILE

Autores: Sr. Jaime Espinosa Q.
Ing. Agrónomo (SAG)

Sr. Mario Lagos S.
Ing. Agrónomo (SAG)

Sr. Arnoldo Ortiz R.
Geólogo (CIREN)



I N D I C E

INTRODUCCION

1. CONOCIMIENTO ACTUAL DE LA EROSION EN CHILE

1.1. Degradación del Suelo por Erosión según Estudios de Teledetección

1.2. Erosión Hídrica y Eólica

1.2.1. Magnitud del problema

1.2.2. Formación de dunas

1.2.3. Pérdidas físicas de suelos

2. OTROS PROCESOS DE DEGRADACION DEL SUELO

2.1. Degradación del Suelo por mal Drenaje y Salinización

2.2. Acumulación de Sustancias Químicas Tóxicas en el Suelo

BIBLIOGRAFIA

EROSION DE LOS SUELOS EN CHILE

INTRODUCCION.-

Toda acción productiva del hombre relacionada con el uso de los recursos naturales, tiende a producir un deterioro del medio en que se realiza dicha acción. El deterioro del Medio se manifiesta a través de procesos degradativos de suelos, agua y aire evidenciados por erosión, contaminación química y orgánica de suelos y agua, pérdida de fertilidad de los suelos, pérdida de vegetación y otros efectos de desequilibrio de los ecosistemas involucrados.

Cabe tener en consideración que los procesos degradativos son asociados entre sí, de tal forma que un factor de algunos de los recursos que entra en proceso negativo, todo el resto del medio también se involucra en una participación cada vez mayor de deterioro.

En Chile, siendo de una agricultura que requiere de un manejo tecnológico permanente, dicha acción tiende igualmente producir efectos negativos en suelo y agua y por ende en la productividad de los suelos involucrados. Prueba de ello es la salinidad de los suelos, pérdida de suelos por remoción de partículas por el agua de regadío, erosión por malas prácticas de manejo, etc.

Sin embargo, el problema más grave junto con la contaminación de aguas para regadío, tiene relación con el mal uso del recurso suelo, debido a una sobreexplotación en sectores agrícolas marginales que contribuyen a grandes pérdidas físicas de suelos producto de procesos erosivos. Esto es particularmente grave en zonas geográficas con topografía ondulada a montañosa con presencia de suelos originados por

descomposición y meteorización de las rocas in situ o de origen fluvial y/o coluvial sobre una base rocosa.

Las características generales de estas zonas de suelos delgados, texturas normalmente pesadas en posición de pendientes complejas, lo cual acompañado por un régimen de lluvias de tipo torrencial para el caso de zonas extremas en Chile Central, o efectos extremo de gelifracción o termofracción en los extremos sur y norte del país respectivamente presentan un marcado grado de fragilidad.

Precisamente en estos tipos de áreas en las zonas centro norte y centro, se ha desarrollado un tipo de explotación agrícola de nivel tecnológico bajo, de gran presión sobre el medio, lo cual ha traído como consecuencia fuertes procesos degradativos, evidenciados por erosión laminar y de cárcavas que está removiendo importantes volúmenes de suelos con la consecuente degradación de los procesos productivos.

La erosión es una acción progresiva que paulatinamente se va acelerando. El grado de cobertura del suelo por la vegetación está relacionado fuertemente con el nivel de fertilidad que este posee. Así, al disminuir, primero la fertilidad y luego la vegetación, queda expuesta a la acción de los agentes productores de la erosión y es destruido al cabo de cierto tiempo. La acción de las lluvias principalmente de tipo torrencial en zonas de clima mediterráneo sobre el suelo descubierto o poco protegido, hace cada vez más rápido y fácil la extracción y arrastre de las partículas de suelos ayudada por la topografía de pendientes complejas perdiendo totalmente su horizonte superficial y dando origen a zanjas por el aumento de la velocidad del agua superficial concentrada.

Los procesos degradativos en desarrollo ha hecho cambiar la calidad de productividad de dichos suelos, tendiendo hacia aptitudes cada vez más extensivas llegando a un empleo forestal y vida silvestre o inhabilitándolo para el uso agrícola.

De esta forma se ha consumado, el proceso que lleva al abandono del suelo ya que se entra a un ciclo en que el hombre, cada vez presiona más fuertemente el recurso suelo para la producción agrícola cada vez más limitada concluyendo con el abandono de estas zonas totalmente estériles.

Sin embargo, el proceso degradativo de erosión no concluye en el área donde ésta se ha producido; por el contrario, dado que el paisaje geomorfológico chileno es de rangos topográficos altamente ondulado, los procesos erosivos de paisajes de posición alta arrastra importantes masas de sedimentos inertes hacia los sectores más bajos, invadiendo y desmejorando suelos cuya capacidad de uso tenderán a su vez a disminuir su condición productiva.

En términos generales se puede afirmar que la pérdida de los recursos del suelo, por la erosión es en todo Chile.

A pesar que la erosión es un proceso altamente destructivo desde el punto de vista económico y social para el país; no existen estudios directos, de inventario y evaluación del fenómeno a nivel nacional en forma permanente.

Indirectamente, en los levantamientos de suelos, a través de los factores limitantes medidos para su caracterización y la clasificación por Capacidad de Uso, ha permitido tener cierta estimación de la superficie de suelos afectado en distintos grados de erosión.

Como se ha expresado anteriormente, en Chile no existen estudios de carácter permanente en el conocimiento cualitativo y cuantitativo de la erosión ni sistemas de seguimiento de los distintos tipos y grados de este fenómeno degradativo.

Sin embargo, se han efectuado algunos esfuerzos tendientes a determinar con cierto grado de certeza, la superficie del territorio nacional que está siendo afectado por erosión a través de estudios que han cubierto áreas consideradas como prioritarias por su gravedad de pérdida de suelos.

Es conveniente referirse antes de dar a conocer los resultados de dichos estudios, de las condiciones geológicas y geomorfológicas del territorio las cuales juegan un papel preponderante en los procesos degradativos conocidos como erosión geológica.

En efecto, la posición del territorio continental de Chile responde a un verdadero zócalo rocoso longitudinal cuyas mayores altitudes se oponen a máximas profundidades oceánicas llegándose a diferencias de hasta 21.000 mts. en una distancia de no más de 600 Km. entre ambas.

Sumado a ello, el territorio presenta tres grandes rasgos fisiográficos producto de acciones tectónicas con el sollevamiento de hort de las cordilleras de la Costa y Los Andes y un gravean situado entre ambas cordilleras, constituyendo una depresión longitudinal que se aprecia con claridad en las regiones II, III y desde la Región Metropolitana hacia el sur. En el resto de las regiones esta división fisiográfica no es clara mientras la región XII responde a eventos geológicos distintos dando por resultado, una cordillera desmembrada al occidente y una plataforma sedimentaria plana hacia el oriente.

El área agrícola se localiza preferentemente en la depresión central en Chile Centro Norte Centro, Sur y Austral. Sin embargo en los valles transversales como también en los interfluvios de la III y IV Regiones, cordillera de la costa de la V, VI, VII, VIII también se desarrolla una agricultura pero esta, en general es de tipo marginal con técnicas de uso y manejo anticuadas por la ignorancia y limitada capacidad económica de los ocupantes de dichas tierras.

La Cordillera de la Costa en el sector central y sur del país, presenta un alto grado de meteorización de su basamento rocoso, constituido por rocas graníticas y metamórficas dando origen a suelos in situ pobre en materia orgánica y de baja fertilidad.

Esta condición, junto con una topografía montañosa, los procesos degradativos que tienden a establecer un nivel de equilibrio son de alta presión sobre los frágiles ecosistemas de esta unidad fisiográfica.

A su vez, la cordillera de los Andes está constituida por una gama de rocas ígneas intrusivas y extresivas, sedimentarias y mixtas que están sometidas a enérgicos procesos de remodelamiento los que se evidencian por acciones erosivas geológicas que incrementen el arrastre de sedimentos hacia la depresión central o sectores internos más bajos.

Teóricamente, la depresión central del país sería el de mayor equilibrio geológico por presentar una topografía plana. Sin embargo, siendo esta unidad fisiográfica la que soporta la mayor explotación agrícola, las técnicas de uso de suelo y agua tienden a producir igualmente procesos erosivos de cierta magnitud.

1. CONOCIMIENTO ACTUAL DE LA EROSION EN CHILE

1.1. DEGRADACION DEL SUELO POR EROSION SEGUN ESTUDIO DE TELEDETECCION

En el año 1979, el Instituto de Investigación de Recursos Naturales, actual Centro de Información de Recursos Naturales, efectuó el único estudio que hasta el momento cubre la totalidad del territorio continental de Chile.

En efecto, el Estudio denominado "Fragilidad de los Ecosistemas Naturales de Chile", fue realizado con el propósito de establecer la situación del recurso suelo y vegetación en lo que se refiere a la degradación progresiva en el territorio nacional para formular un prediagnóstico de la situación de la erosión de los suelos.

El estudio presentado a través de una información cartográfica 1:500.000 provee antecedentes de erosión por Regiones.

La metodología se basó masivamente en la tecnología de la teledetección en lo referente a los satélites de investigación Landsat 1 y 2 para lo cual se empleó imágenes diapositivas transparentes que se analizaron a través de un visor multiespectral I2s en sus bandas 4, 5, 6 y 7 del espectro electromagnético, detectando y delimitando unidades homogéneas desde el punto de vista de los descriptores de uso actual, nivel de cobertura vegetal y nivel de erosión.

Secuencialmente estas variables fueron homogeneizadas a través de descriptores de morfología, clima y aptitud de los suelos y finalmente medidas a través de la planimetría de los ecosistemas naturales por comunas.

En lo referente a la clasificación en niveles de erosión, para cada uno de los ecosistemas naturales detectados y delimitados, se procedió a un análisis exploratorio los rangos de erosión que afectan a los diferentes paisajes del territorio continental nacional, a través de correlaciones entre geoforma-rangos de erosión.

Sobre esta base se determinaron niveles de erosión masivo indistintamente de los factores y de su mecánica que caracterizan sus diferentes tipos y clases, como asimismo, sin discriminar, si ésta es activa o pasiva y si está o no en vías de estabilización.

Los niveles determinados se agruparon de la siguiente manera, de acuerdo a su significado:

Código	Significado
0	Muy grave
1	Grave
2	Moderada
3	Leve
4	Latente

Presentación de los Resultados:

A través del análisis de imágenes Landsat se estudiaron rangos de erosión en 34.490.753 hectáreas del territorio continental de Chile comprendido entre la I y XII Región y desde la línea de costa con el Océano Pacífico y relieves altos de la Cordillera Andina, dejando algunas áreas de ecosistemas montañosos, desiertos y archipiélagos sin recubrimiento dado su escasa importancia desde el punto de vista económico.

De acuerdo a la metodología utilizada, se reconocieron aspectos de erosión masivo o areales y sin

determinaciones o discriminaciones propias de escalas mayores. El resultado fue el reconocimiento en 4 categorías descriptivas al área de estudio en donde se encontró rangos de erosión geológica o acelerada y que permitieron hacer estimaciones amplias de la situación de deterioro de los suelos del país.

En el Cuadro N°1 se señala el nivel de erosión, en miles de há., referidas a los 4 rangos de niveles de erosión.

Del total de la superficie analizada, el 78,5% (27.081.168 há.) se clasifican en las categorías más malas de erosión. Entre éstas, el 6.9% corresponde a erosión con nivel muy grave, 26,5% se considera grave, y el 41,1% está clasificada como erosión moderada.

Por otra parte, sólo el 21,5% del área estudiada registra un grado de erosión leve.

Estas cifras con respecto al total del área en estudio señaló que la erosión en Chile es un problema de extrema gravedad y cuyos efectos directos e indirectos son de una relevancia importante dentro de las características condicionadas por los grandes conjuntos de relieve y por la caracterización climática que conforman sus ecosistemas.

La I Región está afectada, de gran manera, por niveles de Erosión Grave (1) y Moderada (2) en un monto igual al 84,5% del total estudiado en su superficie. Este deterioro se verifica en los Cordones Andinos Pre-Altiplánicos y en el Altiplano, con ecosistemas muy limitados por factores ambientales locales.

Cuadro 1. Nivel de erosión de los suelos de Chile.

REGION		NIVEL DE EROSION					% Reg.
		Muy Grave	Grave	Moderada	Leve	Total	
I	Ha %	38,95 15,0	1.027,38 40,5	1.116,08	356,08 14,0	2.538,08 100,0	43
II	Ha %		1.435,20 53,5	1.120,14 41,8	126,25 4,7	2.681,59 100,0	21
III	Ha %	1.056,25 39,9	152,25 5,7	809,25 30,6	630,38 23,8	2.648,13 100,0	35
IV	Ha %		654,26 18,9	1.425,69 41,2	1.379,61 39,9	3.459,56 100,0	85
V	Ha %	51,10 5,7	231,80 25,9	146,83 16,4	463,95 51,9	893,68 100,0	55
R.M.	Ha %	95,93 17,0	387,79 69,4	58,75 10,5	17,10 3,1	588,87 100,0	36
VI	Ha %	188,38 19,4	554,43 57,0	210,62 21,6	19,92 2,0	973,35 100,0	61
VII	Ha %	152,41 9,9	662,37 43,1	686,60 44,6	36,65 2,4	1.538,03 100,0	51
VIII	Ha %	175,68 7,4	818,49 34,7	1.167,53 49,4	200,44 49,4	2.362,14 100,0	66
IX	Ha %	65,84 2,7	809,4 32,7	1.533,32 61,8	69,54 2,8	2.478,10 100,0	76
X	Ha %	401,96 8,3	620,87 12,8	1.628,41 33,6	2.194,87 54,3	4.846,11 100,0	66
XI	Ha %	145,25 3,1	909,88 19,8	2.179,80 47,1	1.389,88 30,0	4.624,51 100,0	45
XII	Ha %		900,00 18,4	3.463,50 70,9	524,25 10,7	4.887,75 100,0	37
TOTAL	Ha %	2.370,85 6,9	9.164,12 26,6	15.546,22 45,0	7.409,61 21,5	34.490,80 100,0	46

Fuente: Elaborado en base a IREN - CORFO 1979.

Fragilidad de los ecosistemas naturales de Chile.

La II Región presenta la misma tendencia que la anterior, es decir de 2.681.585 há. reconocidas, el 95,3% de su superficie está afectada por Erosión de Niveles 1 (Grave) y 2 (Moderada) y que se localizan en

las mismas unidades morfológicas mayores de la I Región. Solamente registra un 4,7% de Erosión Leve.

Esta tendencia se modifica en la III Región. Se reconocieron 2.648.125 há., en cuya superficie los Niveles de Erosión Calificados como Muy Grave (0), Moderado (2) y Leve (3) comparten valores muy similares: 39,9%, 30,6% y 23,8% respectivamente. Los ecosistemas más afectados están emplazados en las Planicies y Cordillera de la Costa y en las Cordilleras y Sierras Transversales.

Por su parte, la IV Región presenta en sus ecosistemas preferentemente localizados en los Cordones y Etribaciones de la Media y Alta Montaña, junto con aquellos de las Planicies Costeras un 60,1% de Erosión consideradas Moderada y Grave y solamente un 39,9% con deterioro Leve en una superficie reconocida de 3.459.560 há.

En la V Región, en cambio, un 48,0% de la superficie reconocida tiene Erosión muy Grave, Grave y Moderada, en contraste con un 51,9% de Erosión Leve. Los ecosistemas bajo este deterioro se ubican en las Planicies y Cordillera de la Costa, la Media Montaña y en Sectores de las Cuencas del Valle Central.

Los ecosistemas que se emplazan en la Cordillera de la Costa y Planicies Litorales asociados; en la Precordillera Andina, en el Valle Central y en sectores Andinos dentro del marco de la VI Región aparecen muy deteriorados con un monto igual al 97,9% del total regional estudiado (973.348 há.), bajo las categorías Muy Grave, Grave y Moderada. El 2,1% se mantiene con Erosión Leve. Esta es la Región con mayor cantidad de superficie con erosión calificada como muy Grave 20,4%, Grave 55,9% y Moderada 21,6%.

La tendencia se mantiene, con modificaciones ligeras en el monto de los relieves, en la VII Región, la segunda en importancia de acuerdo a la magnitud del deterioro, 97,6% del área reconocida (1.538.023 há.). Los ecosistemas se emplazan en las mismas Unidades fisiográficas que corresponden a la VI Región.

La VIII Región, en la cual se reconocieron 2.362.149 há. las áreas con niveles de Erosión Muy Grave 7,4%, Grave 34,7% y Moderada 49,4% alcanzan al 91,5% del área regional estudiada, que afectan preferentemente a los ecosistemas distribuidos en la Cordillera de la Costa y Planicies Litorales asociadas, la Precordillera Andina y en el Valle Central.

Considerada entre las Regiones más deterioradas del país se revela la IX Región con un monto del 97,2%, ocupando el 3er. lugar. Las erosiones calificadas como muy Grave 2,6%, Grave 32,7% y Moderada 61,9% se distribuyen en 2.478.094 há. reconocidas, conjuntamente con un 2,8% de deterioro leve, en las unidades fisiográficas mayores, tales como, el Valle Central, Planicies y Cordillera de la Costa, Precordillera Andina y Sectores Andinos propiamente tal.

En las 4.624.500 há., reconocidas en la XI Región, el monto total de erosión en los niveles peores alcanza el 69,9% que se distribuyen en un 47,1% de erosión calificada como Moderada, un 19,7% se considera Grave y sólo un 3,1% Muy Grave. Las áreas que registran Erosión Leve no superan el 30,1%. Los biomas terrestres afectados están asociados a ecosistemas emplazados preferentemente en la Cordillera Patagónica Continental y en los Cordones Patagónicos Orientales. Se suman a éstos, aquellos situados en la Estepa Patagónica.

Una superficie muy parecida a la anterior, en cuanto al monto, se ha estudiado en la XII Región del Territorio y que alcanza a 4.887.750 há., que representa el 14,17% del área total estudiada en el país. Se aprecia un notable aumento en el monto de superficie afectada por erosiones más relevantes en estos ecosistemas, que el caso anterior, 89,3% que se distribuyen en un 70,9% de Erosión Moderada y un 18,4% de Erosión Grave, contra un 10,7% de Erosión caracterizada como Leve. La Estepa Patagónica, en este caso se revela con ecosistemas más deteriorados que en las Cordilleras Patagónicas Continentales y Orientales.

Sorprende el elevado monto, 96,9%, del área afectada por erosión en la Región Metropolitana, cuanto más en su distribución indica un 69,4% de la superficie afectada por un Nivel de Erosión Grave. Los ecosistemas emplazados en la Cordillera Andina aparecen muy afectados y en menor proporción aquellos sobre las unidades fisiográficas de los relieves antepuestos al macizo andino y sectores orientales extremos de la Cordillera de la Costa.

1.2. EROSION HIDRICA Y EOLICA

1.2.1. Magnitud del Problema

La distribución de las tierras erosionadas del país no es regular siendo posible encontrar áreas escasamente erosionadas, así como sectores en los cuales las pérdidas físicas de suelo, como de su capacidad productiva, son prácticamente irrecuperables. En el Cuadro N°2 se señalan los principales procesos y factores más comunes de degradación de las tierras ganaderas, montes y bosques, como también de las tierras de cultivos de secano.

Tal como se indicó anteriormente, del total del área estudiada que cubre aproximadamente 34,5 millones de há. de tierras de secano y que corresponde al 46% de la superficie territorial, alrededor de 11,5 millones de há. están degradadas por graves o muy graves procesos de erosión hídrica o eólica, 15,5 millones de há. están afectadas por procesos de erosión moderada y 7,5 millones de há. lo están por erosión considerada como leve.

Una gran proporción de terrenos severamente erosionados se encuentra en las regiones áridas y semiáridas de la zona norte del país. No menos de 3,7 millones de hectáreas exhiben graves daños por erosión en las regiones de Tarapacá, Antofagasta y Atacama. El cultivo en suelos con excesiva pendiente, la escasa cobertura vegetal y la utilización indiscriminada de las formaciones herbáceas y arbustivas como fuente de energía y de alimentación de la masa ganadera, son las causas principales de las pérdidas de suelo por erosión. También es evidente que las lluvias esporádicas e intensas que ocurren en algunos años, favorecen en gran medida los procesos de erosión acelerada. Si bien es cierto, que la acción antrópica ha degradado parte de estos suelos y de la cubierta vegetal en la región altiplánica, no menos importantes son aquellos procesos de denudación que ocurrieron en épocas pluviales del cuaternario o asociadas a otros fenómenos geológicos. Se hace necesario, entonces, excluir estos procesos para evaluar el área afectada por acciones humanas.

Cuadro 2. Procesos y factores más comunes de degradación.

A. Tierras ganaderas, montes y bosques.

P R O C E S O S

Zonas de degrad.	Deterioro en comp. de empastadas	Disminución de cubierta vegetal	Erosión hídrica	Erosión eólica
Altiplano	2	1	3	3
Sec. Costero del N. Grande	3	1	3	2
Norte Chico	1	1	2	3
Bosques Mesófitos	3	1	1	3
Zona del Bosque Hum.	3	1	1	3
Chiloé Cont. y Aysén	2	1	1	3
Praderas de Aysén y Magallanes	1	1	2	1

F A C T O R E S

Zonas de degrad.	Mal Manejo de Masa Ganadera	Floreo del Bosque	Sobreexplotación de Leña y Carbón	Quema
Altiplano	1	3	3	3
Sec. Costero del N. Grande	3	3	1	3
Norte Chico	1	3	1	1
Bosques Mesófitos	1	1	1	1
Zona del Bosque Hum.	3	1	2	2
Chiloé Cont. y Aysén	3	1	3	1
Praderas de Aysén y Magallanes	1	3	3	2

B. Tierras de cultivos de secano

P R O C E S O S

Zonas de degrad.	Erosión Hídrica	Erosión Eólica	Dismin. Fert.	Dism. en Cap. de Ret de Humedad
Cord. de la Costa y Precord. Andina	1	3	1	1
Dunas Litorales	3	1	3	3

F A C T O R E S

Zonas de degrad.	Cultivos Incomp.	Prácticas de Cultivos	Técnicas Inadec.	Crecim. Demograf.
Cord. de la Costa y Precord. Andina	1	1	1	1
Dunas Litorales	1	1	1	1

Fuente: Adaptado de Peralta, M. (1987)

Nota: 1 = Muy Importante
2 = Importante
3 = Secundario

Un estudio vegetacional del secano de la IV Región realizado por IREN (1979), permite analizar las áreas en proceso de desertificación y cuantificar su importancia en la región. El grado de desertificación se determina combinando el porcentaje del suelo desnudo con el grado de artificialización. El estudio reconoció casi 2,6 millones de hectáreas (el 64,8% de la región) e incluyó la totalidad del área de la Cordillera de la Costa. Se llegó a la conclusión que la provincia de Elqui se encuentra altamente desertificada en tanto que, en la de Limarí, el proceso se atenúa notablemente para casi no registrarse en la de Choapa.

Un segundo estudio de la misma organización centrado en un área más restringida, la comuna de Combarbalá, permiten complementar los antecedentes anteriores. Se

comparan allí los años 1955 y 1977. Se destacan el incremento del área con escasa cubierta vegetal (de 3% a 8,4%) y la disminución, por otra parte, de las áreas de uso agrícola estacional y eventual (de 7,1% a 4%) y de pastos naturales (de 88,6% a 86,1%).

El deterioro de los recursos tiene una expresión en los flujos migratorios donde se aprecia una tendencia a la disminución de la población. Se observa una reducción de las existencias ganaderas en unidades animales equivalentes (entre 1935 y 1970) pero, al mismo tiempo, se produce un incremento de caprinos y ovinos.

Peralta, J. y Peralta, M. (1990) señalan que en la Cordillera de la Costa de la IV Región, la posición fisiográfica, la pendiente y el material de origen son los factores con más marcada influencia en los fenómenos erosivos. En términos generales, los autores concluyen que los suelos derivados de rocas ígneas presentan una mayor susceptibilidad a la erosión. Estos suelos presentan un subsuelo arcilloso de permeabilidad lenta y un sustrato de roca descompuesta con escasa cohesión (maicillo), características que favorecen el escurrimiento superficial del agua y la formación de zanjales y canaliculos activos de erosión. Por otra parte, gran parte de estos suelos ocupan cordones de cerros sometidos a intenso pastoreo y remoción de la vegetación arbustiva. Los suelos de lomajes se utilizan en una producción agrícola de temporada y están descubiertos de vegetación gran parte del año. En cambio los suelos derivados de materiales sedimentarios no presentan, por lo general, signos aparentes de erosión acelerada. Estos suelos ocupan terrazas marinas suavemente onduladas, de pendientes inferiores a 5 por ciento. En los gráficos 1 y 2, se relaciona la intensidad de la erosión hídrica con el material

generador, la pendiente y la superficie que cubren en el sector costero de la IV Región.

La Cordillera de la Costa se identifica con un repliegue de la corteza terrestre que va desde Arica, en el extremo norte del territorio, hasta la península de Taitao en la X Región. Se observa frecuentemente interrumpida por cursos de agua que nacen en la Cordillera de Los Andes y vierten en el océano. Por su escasa a moderada precipitación, por su limitada altitud y por lo pequeño y angosto de su cuenca de captación, los cursos de agua que genera son de bajo caudal y por lo general, cumplen el rol de afluentes de los ríos que vienen de los Andes. Esta discontinuidad da origen a una serie de "núcleos insulares" o "cerros-islas".

La erosión de esta formación se remonta a los albores de la conquista española. La destinación de los suelos para la ganadería, la extracción de leña para combustible, la habilitación de tierras para el cultivo a través de roces a fuego indiscriminados y el uso de los suelos para cereales y chacras, por sobre su aptitud natural, fueron intensificando los procesos de erosión y afectando a miles de hectáreas agrícolas.

En la evaluación de la erosión de la Cordillera de la Costa entre Valparaíso y Cautín, realizado por el MINAGRI en 1965, se determina el grado y tipo de erosión, aprovechando los antecedentes obtenidos por el Proyecto Aerofotogramétrico CHILE/OEA/BID en materia de identificación predial agrícola, uso actual de los terrenos y la capacidad de uso de los suelos.

En el estudio aludido se partió del supuesto de que es posible evaluar la erosión mediante un conocimiento previo de los suelos y sus características, si se toman en cuenta además, en forma conjugada, los indicadores de

erosión, como son la baja de los rendimientos de los cultivos, los cambios de color del suelo, la presencia de pedestales y de pavimento de erosión, la cantidad, las formas y el tamaño de las zanjás, el grado de actividad, etc. El conjunto de estos antecedentes permitió estimar un porcentaje aproximado de suelo perdido, el tipo de erosión que presenta y el grado de actividad con que se estaba produciendo en ese momento. Aunque el estudio se publicó en 1965, fue realizado con fotografía aérea de mayor antigüedad y su metodología es posiblemente discutible, la realidad que muestra sigue teniendo vigencia.

De la región estudiada que abarcó algo más de 4,8 millones de há., el área erosionada se estimó en poco más de 1,8 millones de hectáreas. Debido a lo difícil que es evaluar las pérdidas sufridas, no fueron tomadas en cuenta ni la erosión más ligera ni la depositación. Tampoco se consideró en el cálculo la erosión no aparente que, en parte, podría ocultar áreas de depositación.

En consecuencia, ya a comienzos de la década de los sesenta, el 72,2% de estos suelos acusaba algún tipo de erosión de manto: erosión moderada, con cambio de color, con pedestales de erosión y pavimentos visibles, o erosión severa con subsuelo visible en gran parte o erosión muy severa, sólo subsuelo y material de origen, combinados con la presencia de zanjás con distintos grados de presentación. Por provincias (en su definición previa a la creación de regiones), la proporción del área erosionada fluctuaba entre 52,9% en Colchagua, en la actual VI Región y 89% en Talca, en la actual VII Región.

Gráfico 1. Grados de erosión y material parenteal. Costa IV Región. (Porcentaje)

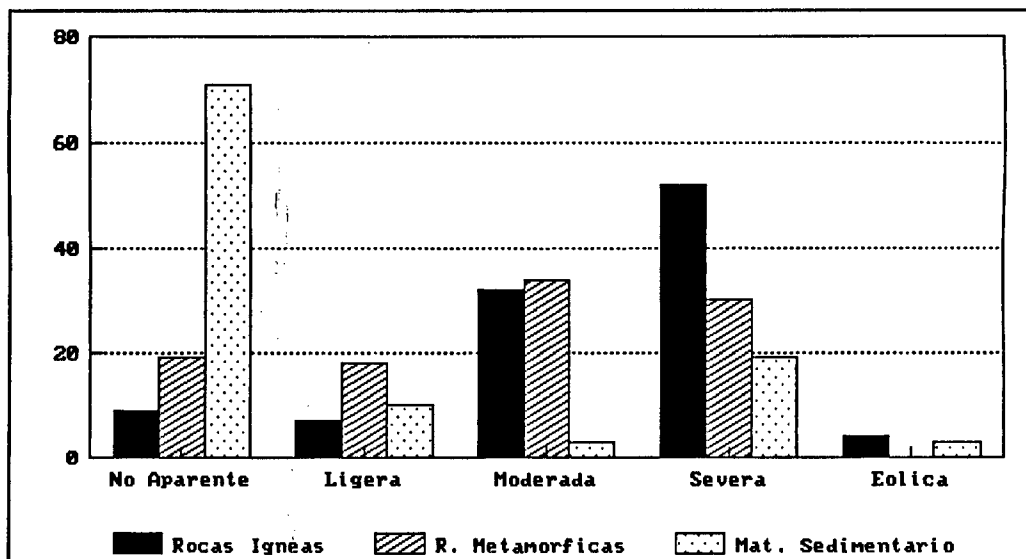
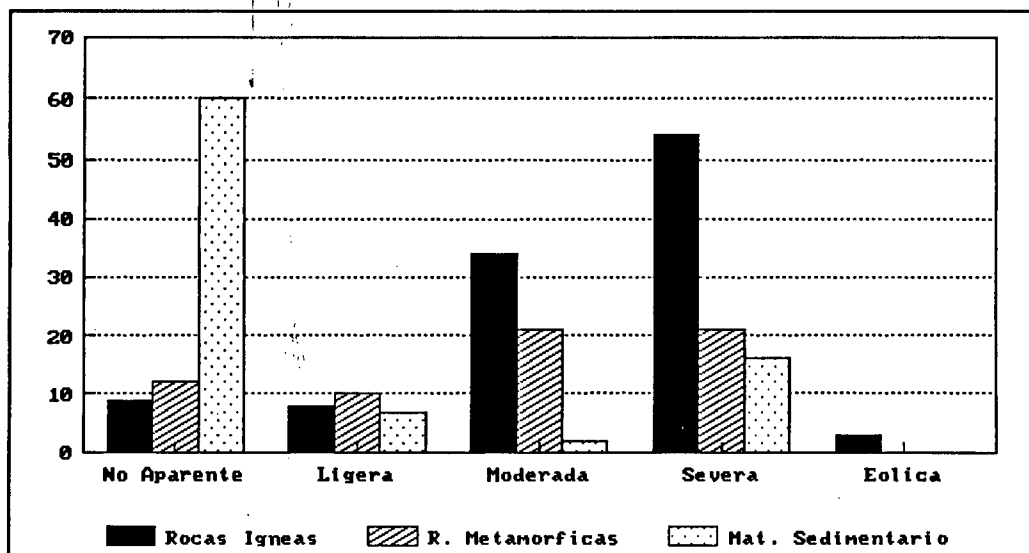


Gráfico 2. Grados de erosión y material parenteal. Costa IV Región. (Miles de Hectáreas)



Fuente: Peralta, José y Peralta, Mario (1980)

Otro estudio que ilustra respecto a la tendencia al deterioro de los recursos de la Cordillera de la Costa, es el "Estudio integrado de los recursos naturales renovables de O'Higgins y Colchagua" (IREN, 1973) (ambas provincias están incorporadas hoy día a la VI Región). El estudio distingue entre secano costero e interior, y, para cada uno de ellos, se hace una comparación entre el uso actual y el uso potencial recomendado. La principal conclusión del trabajo es que, sobre un total de 175 mil hectáreas, 128 mil, el 73%, han sido sobreutilizadas. Casi el 90% de este fenómeno obedece a que los terrenos de aptitud forestal se encuentran dedicados a la ganadería extensiva y, a veces, a la agricultura, en terrenos de pendiente fuerte y severamente erosionados. El 10% restante corresponde a terrenos de aptitud ganadera actualmente utilizados en la actividad ganadera-agrícola.

En el secano interior, sobre un total de 430 mil hectáreas, casi 165 mil, el 38%, presentan, también sobreuso. Se trata de terrenos de aptitud forestal-ganadera actualmente dedicados a la ganadería y, eventualmente, a la agricultura, cuya explotación se ha caracterizado por una tala indiscriminada de la vegetación arbórea para la producción de leña y carbón, y por un sobrepastoreo excesivo. Esta situación es crítica en las áreas de concentración de minifundios donde, el pastoreo con caprinos, ha provocado una erosión severa por la autodestrucción de la pradera y de la vegetación arbórea.

La mayor parte del sector precordillerano de la Cordillera de Los Andes entre las provincias de Linares y Llanquihue (VII a X Región) están cubiertos por "trumaos" de lomajes, formados a partir de profundos depósitos de cenizas volcánicas. Los suelos son bien drenados, exhiben texturas medias, altos contenidos de

materia orgánica, baja densidad aparente y alta porosidad. Aún cuando estas características le confieren un cierto grado de resistencia a la erosión, el mal uso y manejo a que están sometidos ha provocado procesos moderados a severos de erosión.

La quema de rastrojos, el exceso de labores que destruye los agregados del suelo, la labranza y siembra en el sentido de la pendiente, la falta de protección de las vías naturales de drenaje y rotaciones inadecuadas de cultivos, son factores que contribuyen al proceso de erosión, especialmente en lomajes con pendientes mayores de 10%. Cabe destacar que la falta de estructura del suelo post-labranza, facilita la pérdida de horizontes superficiales durante el barbecho de verano.

En las regiones del extremo sur de Chile, alrededor de 2,0 millones de hectáreas presentan serios problemas erosivos. Las abundantes lluvias y el uso ganadero de terrenos inclinados, en muchos casos de aptitud forestal, incide enormemente en la degradación del suelo por erosión hídrica. Por otra parte, la erosión eólica que afecta a ciertas zonas de praderas de Aysén y Magallanes, se atribuye principalmente al sobrepastoreo por ganado ovino. Al respecto, cabe indicar que la textura liviana y la pérdida progresiva de la materia orgánica de los suelos en cuestión, facilita la remoción y transporte de sus partículas por el viento.

1.2.2. Formación de Dunas

Es necesario mencionar también las pérdidas de suelo agrícola y de potencial biológico, producidas por la acción de los vientos dominantes, al transportar y producir acumulaciones de arenas finas en forma de dunas. De acuerdo al catastro efectuado a comienzos de la década de los sesenta, en Chile se han formado alrededor de 74.500 há. de dunas litorales entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos. Existen además cerca de 56.000 há. de arenas continentales en la Región de Bío-Bío. La distribución de los suelos cubiertos por arenas se presenta en el Cuadro N°3.

En el país, las dunas litorales se forman, por lo general, al norte de las desembocaduras de los grandes ríos. Esta situación se debe a que las corrientes costeras dominantes arrastran las arenas entregadas por los ríos en la dirección sur-norte, donde las olas las depositan en la playa. De la playa, el viento transporta las arenas y las acumula en forma de dunas, bien a escasa o a bastante distancia de la costa. Por su considerable extensión, cabe destacar las formaciones de dunas en la costa sur de Arauco y las de Chanco.

Las arenas continentales, entre los ríos Itata y Bío-Bío, tienen un origen muy diferente: son depósitos de arenas aluviales basáltico-andesíticas depositadas sobre terrazas aluviales o planos aluviales o depositaciones. Son sedimentos muy jóvenes de una edad no superior a 500-1.500 años (Moreno 1983). Descansan sobre un lahar de aproximadamente 15.000 años, llamado "lahar del Laja" (Mac Phail 1966). Su origen proviene de la ruptura de la caldera del volcán Antuco, en la cual se había depositado una gigantesca cantidad de arenas volcánicas y piroclásticas, en general, por súbito derretimiento de hielo. La avalancha, súbita y violenta, cubrió una

extensión de casi 400.000 há. en la depresión central, desde la pre-cordillera.

Cuadro 3. Distribución de los suelos cubiertos por dunas en Chile. (Miles de hectáreas)

Provincias	Dunas Litorales		Dunas Interiores		Total % Total Estudiada	
	Sup	%	Sup	%	Sup	%
Coquimbo	4,2	5,7	-	-	4,2	3,2
Aconcagua	0,9	1,2	-	-	0,9	0,7
Valparaíso	2,5	3,3	-	-	2,5	1,9
Santiago	4,4	5,8	0,1	0,2	4,5	3,4
Colchagua	2,0	2,6	-	-	2,0	1,5
Curicó	0,8	1,0	-	-	0,8	0,6
Talca	1,6	2,1	-	-	1,6	1,2
Linares	-	-	0,04	0,07	0,04	0,03
Maule	15,5	20,7	-	-	15,5	11,8
Ñuble	0,6	0,8	7,3	12,8	7,9	6,0
Concepción	4,1	5,5	25,4	45,0	29,5	22,6
Arauco	30,7	41,2	1,0	1,8	31,7	24,2
Bío-Bío	-	-	22,6	39,9	22,6	17,2
Malleco	-	-	0,1	0,2	0,1	0,1
Cautín	4,1	5,5	-	-	4,1	3,2
Valdivia	0,7	0,9	-	-	0,7	0,5
Osorno	0,1	0,1	-	-	0,1	0,1
Llanquihue	2,2	3,0	-	-	2,2	1,7
Total	74,4	100,0	56,5	100,0	130,9	100,0

Fuente: Instituto de Recursos Naturales y MINAGRI, Publicación N° 4 1966.

Nota : Area estudiada 29° 48' - 41° 50 Lat. S.

1.2.3. Pérdidas Físicas de Suelos

Aún cuando los estudios de pérdidas físicas de suelo son escasos en el país, el documento "Control de Erosión mediante Técnicas de Labranza de Conservación" (Peña, 1984) refleja un adecuado resumen de varios años de medición experimental de la erosión, en suelos "trumaos" de lomajes de la VIII Región. Los resultados de pérdidas promedios anuales de diferentes rotaciones de uso común, en relación a las diferentes condiciones en que dicho fenómeno fue evaluado, se indican en el Cuadro N° 4.

Cuadro 4. Pérdidas de suelo como promedios anuales de rotaciones calculado para varios sistemas de manejo en trumaos, con diferentes longitudes de ladera y pendientes.

Manejo del cultivo	Porcentaje de pendiente					
	6 %		10 %		16 %	

	Longitud de la ladera					
	90	150	90	150	0	150
<u>Rot. Trigo Raps P. Nat.</u>						
Manejo Conv.	6	8	13	16	27	35
0,2 t/ha y alta fert.	4	5	7	9	15	19
0,2 t/ha y cult. cont.	4	4	6	8	13	17
1,0 t/ha residuos	2	2	3	4	7	9
2,0 t/ha residuos	1	1	2	2	4	5
<u>Rot. Trigo Avena Raps</u>						
Manejo Conv.	12	15	24	31	50	65
0,2 t/ha y alta fert.	6	8	13	17	28	36
0,2 t/ha y cult. cont.	5	7	12	15	25	32
1,0 t/ha residuos	1	2	3	4	6	8
2,0 t/ha residuos	1	1	2	2	3	4

Nota: Valores calculados con la ecuación de predicción de erosión $A = RKLSCP$, utilizando valores de R, K, y C obtenidos en el lugar de la experiencia.

Una rotación integrada por cereal, raps y dos años de pradera natural, experimenta pérdidas de suelo promedio anual inferiores a la tolerancia estimada para un trumao con 6% de pendiente y longitud de ladera menor de 150 m. Las pérdidas más elevadas durante los años con cereal o raps, se diluyen en los años con praderas, en los que las pérdidas son menores de 1 ton/há/año. Esto significa que un trumao con menos de 6% de pendiente, no experimenta daños de importancia, salvo en años en que ocurren lluvias de muy alto potencial erosivo. Un buen nivel de fertilización, la protección de las vías de drenaje natural y la labranza en que se entierra el residuo, serían las precauciones mínimas a adoptar. Con estas pendientes, en laderas con más de 150 m. de

longitud, habría que adoptar algunas medidas para modificar el sistema de evacuación de aguas.

Con la misma rotación anterior, pero en pendientes de 6 a 10%, la condición de manejo convencional supera el límite de tolerancia de erosión. La combinación de una baja cobertura de paja (0.2 ton/há.) con un adecuado nivel de fertilización y cultivo en contorno, produce un efectivo control de erosión en estas condiciones. En laderas con más de 10% de pendiente y longitudes mayores de 150 m. estas técnicas no dan una protección adecuada y en laderas con 16% de pendiente resultan del todo ineficaces. Sólo las coberturas muy densas de rastros (2 ton/há.) o cero labranza, contribuyen a mantener las pérdidas de suelo muy cerca del valor de tolerancia, en pendientes de 16%.

Una rotación muy intensa, constituida por trigo, avena y raps, bajo manejo convencional en laderas con 6% de pendiente, experimenta pérdidas de suelo que sobrepasan el límite de tolerancia. Las sencillas prácticas de bajas densidades de residuos (0,2 ton/há.), con adecuado nivel de fertilización y cultivo en contorno, dan un buen control de erosión en estas pendientes. Para pendientes de 6 a 10%, se requiere un mínimo de 1 ton/há. de residuos, el que debe aumentarse a 2 ton/há. en pendientes mayores. En laderas con 16% de pendiente y longitudes superiores a 90 m. estas densidades deben reforzarse, o bien, considerar la práctica de cero labranza.

Mediciones experimentales efectuadas en 1977 por el proyecto "Riego y Conservación de la Cuenca del Río Bío-Bío" (SAG/FAO/PNUD), en relación a intensidad y duración de las lluvias más largas ocurridas, para este mismo tipo de suelo, corroboran la investigación realizada por

Peña (1984). Los resultados se indican en el Cuadro N°5.

Cuadro 5. Pérdidas físicas de suelo por erosión hídrica.

Erosión causada por la lluvia más larga en los meses de Mayo a Julio en la cuenca del Bío-Bío, 1977.

Suelo	Cub. Veg.	Cap. Uso	Duración Horas	Intens. mm/hora	Pp mm	Erosión m ³ /ha
Sta. Bárbara	Trigo	IV	25	1,4-1,6	126	7,35
Rapelco	Suelo Desnudo	VII	39	0,5-1,2	126	18,6

Pérdidas físicas de suelo en áreas representativas de la cuenca del Bío-Bío en los meses de Mayo a Julio, 1977.

Áreas	Cub. Veg.	Pendiente %	Erosión m ³ /ha	Pérdidas de suelo en prof.
Sta. Bárbara	Trigo	1-15	20,24	2 mm
Rapelco	Suelo Desnudo	25	118,02	12 mm

Fuente: Ibarra, R. (1977)

Conforme a varios estudios sobre erosión antrópica de origen hídrico realizadas en la VIII Región (Mardones, 1990), las áreas fuertemente degradadas se observan de preferencia en las laderas de solana de los valles precordilleranos, cubiertos con suelos de trumao y cuya vegetación nativa ha sido completamente talada. Muy vulnerables son también las plataformas de piedmont antiguas, de topografía ondulada y que han generado suelos rojos arcillosos de origen volcánico, los cuales han sido utilizados desde antaño por cultivos de secano. Dependiendo de la inclinación de la pendiente se ha determinado pérdidas de suelo equivalentes a 25-100 toneladas por hectárea (Peña, 1985). Este fenómeno erosivo tienen el carácter de muy grave en los cordones graníticos de la Cordillera de la Costa, cuyos suelos de

textura franco arcillosa están afectados por una severa erosión laminar y en zanjás. Una evaluación de este proceso en Tomeco (VIII Región) sobre un área de 18 km²., señala que entre los años 1943 y 1978 el número de cóncavas aumentó de 420 a 550, lo que significa un aumento del área afectada de 6,2 a 9,6 por ciento (Endlicher, 1988).

2.- OTROS PROCESOS DE DEGRADACION DEL SUELO

2.1. DEGRADACION DEL SUELO POR MAL DRENAJE Y SALINIZACION

Los suelos con problemas de drenaje restringido representan una proporción importante de las áreas más productivas de las zonas central y sur de Chile. En cambio, la mayor parte de los suelos degradados por un exceso de sales, se encuentran en las regiones áridas de la zona norte.

Entre los factores o causas específicas más relevantes que inciden en las condiciones de drenaje en el país, se destacan los siguientes:

- Presencia a escasa profundidad de horizontes del suelo o estratos de origen geológico - cementados o endurecidos por diversos materiales - que impiden o dificultan el paso de los excedentes de agua más allá de la zona radicular.
- Suelos desarrollados en sedimentos de origen lacustre, por lo general de permeabilidad lenta.
- Suelos formados predominantemente por arcillas expansibles, las que al mojarse se tornan impermeables.

- Niveles freáticos cerca de la superficie del suelo, asociados a recargas naturales de los acuíferos.
- Posición topográfica desfavorable, por ejemplo, cuencas y depresiones locales que reciben el escurrimiento superficial de los terrenos más altos que las circundan.
- Inundaciones frecuentes.

De acuerdo a los estudios disponibles, los suelos que presentan drenaje deficiente, ocupan alrededor de un millón de hectáreas en el Llano Central y Valles Transversales, la mayor parte de los cuales se hayan entre la VI y X Región. Se estima que un 35% de esta superficie, corresponde a suelos bajo riego. Por otra parte, los suelos regados con problemas de salinidad cubren cerca de 33.000 há., principalmente en los valles y oasis de la I, II y III Región (Tarapacá, Antofagasta y Atacama). También se encuentran suelos salinos y sódicos en ciertas áreas de la Región Metropolitana.

En el Cuadro N°6 se presenta la distribución aproximada por región de dichos suelos. Por su escaso interés agrícola, no se incluye a los suelos salinos y sódicos de secano que ocurren en la zona norte.

La intensidad de las limitaciones por drenaje en los suelos del Llano Central y Valles Transversales depende en gran medida, de la cantidad y distribución de la lluvia. En la zona sur del país, donde la precipitación excede la evapotranspiración, se producen excesos de agua en el suelo con relativa facilidad. En aquellas áreas de topografía desfavorable y baja capacidad de transmisión de agua de los horizontes superiores del suelo, las restricciones en el drenaje son más severas. En la zona central, los problemas se presentan durante

el período invernal de concentración de lluvias, o en los sectores regados con un exceso de agua. En cambio, en las regiones áridas de la zona norte de Chile, no es frecuente que se presenten condiciones críticas de drenaje generadas por factores naturales. Las limitaciones que allí ocurren dependen, en gran parte, de los métodos de riego utilizados.

Cudro 6. Distribución de los suelos con problemas de drenaje restringido y salinidad en el valle central y valles transversales de Chile. (Miles de hectáreas)

Region	Superficie Total	Area estudiada	Limitación		% Regional con Limit.
			Drenaje	Salinidad	
I	5.807,2	5,1	-	2,3	0,04
II	12.530,6	2,5	-	2,4	0,02
III	7.826,8	17,4	-	10,0	0,13
IV	3.964,7	59,5	12,7	5,0	0,50
V	1.637,8	157,0	29,8	-	1,80
R.M.	1.578,2	288,7	56,9	13,9	4,50
VI	1.595,0	713,2	139,5	-	8,70
VII	3.051,8	291,0	141,3	-	4,60
VIII	3.600,7	849,2	166,1	-	4,60
IX	3.247,2	653,0	83,2	-	2,60
X	6.903,9	1.225,1	372,8	-	5,40
TOTAL	51.743,9	4.261,7	1.002,3	33,6	2,00

Fuente: Alcayaga (1989), Comisión Nacional de Riego (1979), MINAGRI (1968, 1985, 1991), y CICA - HIDROCONSULT (1979)

Las fuentes principales de sales de las áreas regadas en la zona norte de Chile y en la Región Metropolitana, son el contenido salino del material parental del suelo, las sales provenientes del agua de regadío y, en ciertos casos, el aporte salino de las napas subsuperficiales.

Si bien es cierto que la intensidad de los problemas de degradación por salinidad depende, en ciertas áreas, del contenido original de sales de los sedimentos aluviales en los cuales se han desarrollado la mayor parte de los suelos en cuestión, se reconoce que el regadío continuo

con aguas salinas puede aumentar fácilmente el contenido original de sales, hasta niveles perjudiciales para los cultivos menos tolerantes. Por otra parte, los problemas de drenaje que se presentan en determinados suelos, pueden intensificar los procesos de degradación por salinización secundaria. La presencia de una capa freática cerca de la superficie del suelo, al mismo tiempo que crea condiciones de aireación insuficiente, altera desfavorablemente el balance salino de la zona radicular, bien por aporte de sales por elevación capilar de agua freática, bien por restringir el movimiento vertical descendente del agua de drenaje interno.

La degradación del suelo por acumulación de elementos tóxicos, tales como boro, arsénico y sodio, puede asociarse en cierta medida a los procesos de salinización secundaria. El movimiento de estos componentes, al igual que el de las sales, está ligado a los procesos evapotranspirativos y, por consiguiente, se concentran en los estratos superiores del suelo.

2.2. ACUMULACION DE SUSTANCIAS QUIMICAS TOXICAS EN EL SUELO

La acumulación de sustancias químicas tales como metales pesados y metaloides en los horizontes superiores del suelo, puede incidir negativamente en su productividad agrícola. La toxicidad neta de estos elementos depende del efecto inactivador del suelo, el que tiene relación directa con el contenido y tipo de arcillas, la materia orgánica y el pH.

Dependiendo del efecto inactivador del suelo, a corto o largo plazo se produce una acumulación excesiva en las plantas - sobre el umbral crítico - creándose problemas de disminución o colapso de la producción agropecuaria.

Sin embargo, cabe señalar que la interposición de una fase vegetal y otra animal entre el suelo y el hombre, reduce el impacto negativo de un enriquecimiento mineral en la dieta humana, actuando como mecanismo regulador desde el punto de vista de la salud humana.

En la mayoría de los casos de contaminación del recurso suelo en el país, las sustancias químicas tóxicas, provienen de actividades mineras e industriales. Los suelos reciben materiales residuales emitidas por dichas actividades, generando un conflicto de intereses entre minería y agricultura, entre minería y salud pública y entre minería y sanidad ambiental. Esta contaminación tienen dos modelos de descarga:

- La descarga a ríos y esteros de relaves y otros residuos disueltos, contamina extensas superficies de suelos, con bajas tasas de acumulación de contaminantes, pero con efectos a largo plazo.
- Partículas emitidas por chimeneas de fundiciones y otras industrias, produce apreciable acumulación de contaminantes en la superficie de reducidas áreas de suelo, generando efectos tóxicos a corto plazo, en plantas, animales y población humana.

Por su incidencia en la economía nacional, las actividades de mayor impacto ambiental son las relacionadas con la minería del cobre. El metal con mayor volumen de producción es el hierro pero, dado su menor toxicidad, su explotación no tiene el riesgo ambiental del cobre.

Los principales yacimientos de cobre se ubican entre las Regiones II y VI, en las nacientes cordilleranas de ríos tales como el Loa, Aconcagua y Cachapoal, cuyas aguas son usadas más abajo para regar los respectivos valles.

Las aguas empleadas para regar han sido usadas previamente en la extracción y purificación del cobre, faenas de por sí muy contaminantes. Algunos de los suelos regados con aguas provenientes del río Cachapoal, por ejemplo, son fuertemente cúpricas. En estos suelos se han detectado problemas para el cultivo de tabaco y remolacha azucarera, los que podrían relacionarse con un exceso de cobre.

Por otra parte, las emisiones atmosféricas desde unidades procesadoras de cobre, como es el caso de las funciones de Ventana y Chagres (V Región), han producido un enriquecimiento notorio de este metal en los suelos vecinos a las respectivas zonas industriales. Se ha comprobado, además, que existe contaminación secundaria con plomo y que estas áreas están expuestas a lluvia ácida. Sin embargo, la importancia en un nivel nacional, es muy pequeña.

En el Cuadro N°7 se presenta la distribución de los contaminantes químicos principales del suelo y los sectores en riesgo de ser afectados en el futuro.

Otra situación ambiental aún no dimensionada, pero que merece una mayor atención es el creciente consumo de plaguicidas y herbicidas persistentes en huertos frutales, especialmente en la zona central y en los valles transversales de la zona norte. Preocupa también el efecto residual de los plaguicidas en la fruta de exportación.

Años atrás, el uso de plaguicidas organoclorados constituía un grave riesgo ambiental, tanto por su alta toxicidad para mamíferos superiores y gran persistencia como por su baja especificidad de acción. Sin embargo, la prohibición de estos plaguicidas a partir de 1985,

redujo su acumulación en los suelos a niveles aceptables.

Cuadro 7. Distribución geográfica de metales pesados y metaloides como agentes de contaminación, III - IV regiones.

Region	Elemento	Tipo y causa de contaminación de suelo	Area receptora
III	Cobre	Eólica por fund. de cobre	Alrededor Paipote
	Hierro	Eólica por industria pellets	
IV	Arsénico	Hídrica por faenas mineras	Valle Elqui, Tramo superior
V	Cobre y Mercurio	Hídrica, Petorca y La Ligua, faenas mineras	Valles Petorca y La Ligua
	Cobre	Eólica, fund. de cobre	Puchuncaví-Catemu
	Molibdeno	Eólica, planta molibdenita	Valle Aconcagua, primera sección
R.M.	Cobre	Hídrica, faenas mineras	Area regada Mapocho
	Cobre	Hídrica, relaves en embalse Rungue	Area regada por embalse Rungue
	Molibdeno, cobre y Plomo	Eólica por industrias varias	Alrededor de Nos
VI	Cobre	Hídrica, Río Coya	Area regada por el Río Cachapoal
	Molibdeno	Hídrica, estero Carén, tranque de relave	Area regada por estero Carén

Fuente: González, S. INIA - MINAGRI (1991)

BIBLIOGRAFIA

- ALCAYAGA C., SERGIO 1989 Origen, distribución y caracterización de los suelos de drenaje restringido. En "Los suelos de drenaje restringido", Boletín N°9, Sociedad Chilena de Ciencia del Suelo, Santiago.
- CICA HIDROCONSULT 1979 Estudio Agrológico del Valle del Río Huasco. Comisión Nacional de Riego. Santiago.
- COMISION NACIONAL DE REGADIO. 1979. Estudio Integral de Riego de los Valles de Aconcagua, Putaendo, Ligua y Petorca. Informe CICA. Santiago.
- ENDLICHER, N. 1988. Análisis geoecológico de la degradación del paisaje en la Cordillera de la Costa en la zona de Concepción. Franz Steiner Verlag Wiesbaden GMBH.
- GONZALEZ, SERGIO. 1991. Estrategias para la evaluación de impactos de procesos contaminantes en la agricultura. El conflicto minería-agricultura en Chile. Simiente vol 61, N°1. Santiago.
- IBARRA, RAMON 1977. Prácticas de manejo de suelos para la conservación de la cuenca del Bío-Bío. Informe Técnico 3. Proyecto CHI/71/549, FAO/SAG.
- INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS NATURALES. 1966. Evaluación de la erosión de la zona de la costa. CORFO. Santiago.
- INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS NATURALES. 1973. Estudio integrado de los recursos de la Cordillera de la Costa, CORFO. Santiago.

INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS NATURALES. 1979.
Fragilidad de los ecosistemas naturales de Chile.
CORFO, Santiago.

MAC PHAIL, D. 1966. El gran lahar del Laja. Estudios
geográficos. Facultad de Filosofía y Educación.
Universidad de Chile, Santiago.

MARDONES, MARIA. 1990. Suelos degradados por acción
antrópica con la legión del Bío-Bío. Primeras
Jornadas Binacionales de cero labranza. Sociedad
de Conservación de Suelos de Chile, Concepción.

MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1968. Estudio Agrológico del
Valle del Río Copiapó. DICORA. Santiago.

MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1991. Informes regionales
sobre la distribución de suelos salinos y de
drenaje restringido. Informes internos, no
publicados. División de Protección de los Recursos
Naturales Renovables, Servicio Agrícola y Ganadero.
Santiago.

MORENO, HUGO Y JULIO VARELA. 1985. Geología, volcanismo
y sedimentos piroclásticos cuaternarios de la
región central y sur de Chile. En "Suelos
Volcánicos de Chile". Instituto de Investigaciones
Agropecuarias, Ministerio de Agricultura. Santiago.

OFICINA DE PLANIFICACION AGRICOLA. 1968. Uso potencial
de los suelos de Chile. Ministerio de Agricultura.
Santiago.

PEÑA M., LUIS. 1984. Control de erosión mediante técnicas de labranza de conservación. IX Simposio Nacional de la Ciencia del Suelo, Sociedad -Chilena de la Ciencia del Suelo. Valdivia.

PEÑA M., LUIS. 1985. Erosión hídricas en trumaos de lomaje. En Suelos Volcánicos de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura. Santiago.

PERALTA JOSE Y MARIO PERALTA. 1990. Algunos factores que condicionan la erosión en la zona costera de la IV Región de Chile. Ciencias Forestales, Vol. 6. N°1. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad de Chile. Santiago.

PERALTA, MARIO. 1987. Acciones del hombre sobre el medio ambiente: desertificación. Ciencias forestales. V 4. (2). Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad de Chile, Santiago.