

Suelos Degradados y Agricultura Sustentable

Ricardo Honorato P.

*Claudia Bonomelli de P.

cbonomel@puc.cl

*Departamento de Ciencias de los Recursos Naturales

Se entiende por agricultura sustentable, aquella en la cual el uso del suelo y todas las prácticas de manejo agronómico o forestal que se realizan, no afectan negativamente su productividad en el tiempo. Esta definición involucra un concepto de equidad intergeneracional y la responsabilidad de no comprometer las propiedades básicas del recurso, de manera de asegurar el derecho de las generaciones futuras a hacer buen uso del mismo.

Degradación del suelo

Los suelos se degradan normalmente por un uso no acorde con sus aptitudes y limitaciones edáficas, por prácticas de manejo agronómicas o forestales inadecuadas, por contaminación industrial urbana o minera o por fenómenos naturales, tales como incendios y deslizamientos de suelo. Existen además, suelos que naturalmente, por su origen, poseen características similares a las derivadas de un proceso de degradación de suelos, como es el caso de los suelos salinos del área norte de Santiago o del valle de Copiapó en el norte o los suelos Andisoles con niveles muy bajos de P, entre la VIII y XI regiones.

Los procesos de degradación de suelos son variados y en la mayoría de los casos están asociados a un deterioro de las propiedades físicas o de la fertilidad física del suelo, producto de la pérdida de materia orgánica, del

deterioro de la estructura, del aumento de la densidad aparente y de la disminución de la porosidad gruesa. Este deterioro físico es a menudo una consecuencia de la incorporación al cultivo del suelo y de las labores culturales asociadas. En el caso de la producción forestal, a las prácticas silvícolas y a la cosecha del bosque. Todas las prácticas de manejo llamadas conservacionistas del suelo, recomendadas para una agricultura sustentable, tales como: uso de residuos sobre la superficie (mulch), mantenimiento de un nivel adecuado de materia orgánica enterrando residuos vegetales, eliminación de las prácticas de cultivo que invierten el suelo, como mínima labranza y cero-labranza, tienden a disminuir estos efectos. En el caso del manejo silvícola, es necesaria la disminución de las vías de extracción de la madera, el control de las canchas de acopio, la estabilización de taludes, la mantención de residuos en la superficie y el uso de sistemas de cosecha

menos compactadores del suelo, entre otras prácticas.

Erosión

La erosión es quizás el proceso de degradación de suelos que causa un mayor impacto, ya que es a menudo de gran magnitud, e irreversible y llegan en casos extremos, a la pérdida total del suelo. El proceso erosivo está relacionado con propiedades intrínsecas del suelo como textura, estructura, estabilidad de los agregados y densidad aparente (que controlan infiltración-escurrimiento), que determinan erodabilidad; con la pendiente (grado, largo y forma); con la erosividad de la lluvia (frecuencia, intensidad y duración) y, por último, con la cobertura vegetal, con las prácticas de manejo y eventualmente, con las prácticas de control de la erosión. (Figura 1).

La erosión hídrica es la que más afecta a los suelos chilenos; este proceso se inicia con el impacto de la



Figura 1. Factores de sitio que afectan la erosión del suelo



Figura 2

gota de lluvia sobre la superficie desnuda del suelo, que salpica las partículas más finas en todas direcciones, desprendiéndolas de los agregados; las partículas así separadas son arrastradas por el agua que escurre, una vez que la capacidad de infiltración del suelo es superada debido a la intensidad de la lluvia, produciéndose erosión laminar. Cuando el agua en escurrimiento se organiza preferentemente en pequeños surcos, aumenta su velocidad y energía cinética, dando origen a la erosión por surcos o regueros (Figura 2), acompañada de deslizamientos de suelo en forma de

placas o de desplazamientos a corta distancia sin ruptura de la superficie, formando pequeños camellones perpendiculares a la pendiente. Finalmente, los surcos pueden desarrollarse y transformarse en zanjas y cárcavas, con una pérdida total del suelo en el sector afectado (Figura 3). Según antecedentes del SAG, un 60% de la superficie de interés silvoagropecuario en Chile, presenta erosión moderada a muy severa. Estos fenómenos de degradación afectan principalmente a los suelos Graníticos y Metamórficos (Alfisolos y Ultisolos) asociados a la Cordillera de la Costa en posición de



Figura 3

lomajes y cerros, a los Rojo-Arcillosos (Alfisolos y Ultisolos), asociados a la Depresión Intermedia y faldeo oriental de la Cordillera de la Costa y a los Trumaos (Andisolos) asociados preferentemente a la Precordillera Andina desde Curicó a Chiloé.

Salinización

La salinización es otro proceso de degradación de suelos, que deriva generalmente de la utilización de aguas salinas de mala calidad en el riego de los cultivos, sin considerar una lámina de lixiviación que disminuya la intensidad del proceso. Este fenómeno se ha observado en muchos sectores de viñas de uva de mesa regadas por goteo en los valles transversales del norte, como Copiapó (Figura 4). Además de estos suelos degradados por manejo, existen suelos naturalmente salinos o sódicos por razones climáticas o por razones topográficas y de drenaje, que han favorecido la acumulación de sales. Los cultivos, especialmente las especies frutales, no toleran contenidos altos de sales y/o sodio, disminuyendo al inicio el prendimiento de plantas, la germinación de las semillas y, posteriormente, la productividad. Las especies más sensibles son afectadas a partir de una conductividad eléctrica de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ y otras, en cambio, como la cebada, son más tolerantes y su umbral salino se encuentra en 8 dS m^{-1} . Por otra parte, un elevado contenido de sodio intercambiable, sobre 15%, provoca en el suelo un deterioro estructural por dispersión de las arcillas, especialmente cuando la proporción de calcio y magnesio, que contrarresten el efecto del sodio es baja. La superficie de suelos degradados por exceso de sales y/o sodio ha sido estimada por CONAMA en unas 34.000 ha, distribuidas principalmente entre la I y III regiones.

Acidificación

La acidificación de los suelos naturalmente por génesis o por manejo agronómico, tales como el uso intensivo de fertilizantes de carácter acidificante, limitan la adaptación de



Figura 4

algunos cultivos y su productividad, debido principalmente a la actividad del aluminio que produce efectos tóxicos y dificulta la absorción de nutrientes por las plantas. En estos suelos, la acidez de cambio y el Al intercambiable son elevados. Particularmente afectadas por este proceso son las praderas de las regiones IX, X y XI, donde se encuentra la mayor actividad ganadera y que corresponde a la mayor superficie de estos suelos. El mejoramiento de los suelos naturalmente ácidos o acidificados pasa por la utilización de enmiendas calcáreas para elevar el pH y disminuir la actividad del Al en solución.

Desertificación

La desertificación es más bien un proceso global de degradación de un ecosistema y no del suelo como en los procesos anteriores. Este proceso se puede definir como el empobrecimiento de los ecosistemas de regiones áridas, semiáridas y subhúmedas por el efecto combinado del impacto de la actividad del hombre y la sequía, reflejando el agotamiento progresivo del suelo. En este proceso global están implícitos los procesos antes descritos y en consecuencia se produce la intensificación o extensión de las condiciones de desierto, con la consiguiente reducción de la productividad de los

cultivos y de la actividad ganadera. Las medidas correctivas de este proceso deben plantearse en un contexto global que contemple simultáneamente los aspectos ecológicos de la organización y funcionamiento de la naturaleza, con la dimensión socioeconómica de la población que usa el recurso y con las opciones tecnológicas. En Chile, este proceso se ha centrado en la zona norte, entre la I y IV Región.

Suelos Degradados

El concepto de suelo degradado por pérdida de fertilidad es discutible. Cuando se trata de pérdida de fertilidad física, tiene relación con el deterioro de las propiedades físicas del suelo. Este deterioro se produce como consecuencia de la pérdida de materia orgánica al cambiar al suelo de una condición natural de equilibrio e incorporarlo al cultivo, utilizando prácticas de manejo no conservacionistas. La pérdida de fertilidad química podría asociarse a un agroecosistema que no restituye al suelo los nutrientes que los cultivos extraen, principalmente N, P y K, al no utilizar fertilizantes o al no reponerlos en la medida de su extracción. También puede asociarse con el proceso de acidificación donde se solubilizan minerales que liberan aluminio a la solución del suelo. Este

aluminio soluble puede alcanzar niveles tóxicos para las plantas, produciendo alteraciones en el crecimiento y actividad de las raíces, lo que se traduce en una limitada capacidad de absorción de agua y nutrientes. Existen además, suelos naturalmente poco fértiles por génesis, por poseer texturas gruesas con bajos contenidos de materia orgánica, con baja capacidad de intercambio catiónico y bajo poder tampón, ubicados en cualquier parte del país y algunos suelos altamente retenedores de P, como los Andisoles, donde la clave de la productividad está en la aplicación de P.

Otro proceso de degradación de suelos relacionado con el ingreso de compuestos químicos de difícil detoxificación en los suelos es la contaminación por metales pesados, tales como Cu, Cd, Mn, Pb y Mo, entre otros. Este proceso está asociado generalmente a la industria, a la contaminación urbana, a la minería y a la aplicación de fertilizantes (fosforados) y pesticidas (cúpricos) y el uso de compost y lodos de origen urbano. Existen rangos y umbrales de tolerancia dependientes del nivel de estos metales en el suelo, para muchos cultivos en la literatura nacional e internacional. Cuando se sobrepasan estos umbrales se afecta la productividad de los cultivos y, en algunos casos, a través de la cadena trófica se pueden afectar los animales por medio del forraje y a los seres humanos, a través de la alimentación.

Recuperación de suelos Degradados

Considerando el deterioro de los ecosistemas y la pérdida de la calidad de los suelos, a menudo con un deterioro irreversible de este recurso natural renovable, se creó a través del Ministerio de Agricultura, un programa de recuperación de suelos degradados denominado "Sistema de Incentivos para la Recuperación de Suelos Degradados", con una inversión estimada de US\$500.000.000, para un período de 10 años, que favorecerá a 150.000 agricultores y cubrirá 2.500.000 ha. "El objetivo central del programa es fomentar actividades

para la recuperación y/o conservación de los suelos de uso agropecuario afectados por un bajo contenido de P disponible o por una acidificación que compromete su productividad o aquellos por cuya fragilidad requieren ser cultivados mediante prácticas de conservación o disponer de una cubierta vegetal permanente”. Se considera que la superficie agrícola del país es escasa y por lo tanto es necesario recuperar los suelos degradados (Cuadro 1)

Para los efectos de la ley N° 19604 y del DFL N° 235, de 1999 del Ministerio de Agricultura, se entiende por suelos degradados “aquellos que por sus condiciones de origen o por su uso previo inadecuado, presentan limitaciones físico-mecánicas, nutricionales o de acidez, que afectan su aptitud para la producción económicamente sostenible”. Se agrega un listado de limitaciones contempladas en el Programa Nacional de Recuperación de Suelos Degradados, que incluyen: bajo contenido de P, pH inferior a 5,8, saturación de Al superior a 5 %, textura y pedregosidad superficial, condiciones que afectan la cobertura vegetal, profundidad limitada, desbalance nutricional y deterioro físico-mecánico.

La solución a estas limitaciones se enmarcan en cinco programas específicos de recuperación de suelos degradados:

- Programa de fertilización fosfatada
- Programa de enmiendas
- Programa de praderas
- Programa de conservación de suelos
- Programa de rehabilitación de suelos

Programa de fertilización fosfatada

El objetivo de este programa es aumentar el contenido de P en los sue-

los deficitarios hasta un nivel considerado apropiado, de 15 ppm de P-Olsen. Este programa estuvo originalmente centrado en los suelos Andisoles y posteriormente se extendió a otros suelos y áreas del país. La bonificación del programa es del 80% de los costos netos de la dosis de corrección. En el cálculo de la dosis de P se requiere considerar la capacidad tampón de P del suelo y también, la fijación de P que ocurrirá en el largo plazo.

Consideremos como ejemplo un suelo Trumao (Andisol) con pradera (0 a 10cm), con un contenido inicial de 5 ppm de P-Olsen. Para corregir a 15 ppm en un año, se debe tener en cuenta una capacidad tampón (CP) de 16 (INIA, 2000). La diferencia son 10 ppm y el cálculo sería:

$$10 \text{ ppm (P-Olsen)} * 16 \text{ (CP)} = 160 \text{ kg P} * 2,29 = 366 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$$

expresado en fertilizante es 795 kg ha⁻¹ de Superfosfato triple.

Programa de Enmiendas calcáreas

Este programa tiene como objetivo la incorporación al suelo de materiales que reduzcan el grado de acidez a un pH de 5,8 o que neutralicen la toxicidad del aluminio, a un nivel menor de 5% de la saturación de aluminio, de manera de mejorar la productividad de algunos cultivos. La bonificación alcanza a un 80% de los costos netos de la dosis de cal.

La dosis de CaCO₃ se calcula utilizando el pH, sólo cuando la saturación de aluminio es menor o igual a 5% y el pH menor a 5,8. La dosis variará de acuerdo al tipo de suelo y su capacidad tampón. Por otra parte, la dosis será mayor al considerar una

mayor profundidad de suelo; actualmente se está considerando en las praderas 10 cm y en los cultivos 20 cm. Finalmente, la dosis variará según el número de años en que se realice la corrección. Así por ejemplo en una pradera, para corregir en un año un pH de 5,6 a 5,8 se recomienda aplicar 1.036 y 760 kg CaCO₃ ha⁻¹ para un Trumao y un Rojo Arcilloso, respectivamente. En cambio la recomendación para un cultivo sería de 1.818 y 1.333 kg CaCO₃ ha⁻¹ para el Trumao y Rojo Arcilloso, de acuerdo a las pautas elaboradas por INIA y utilizadas por los operadores acreditados por el SAG (INIA, 2000)

Programa de Praderas

Este programa persigue el establecimiento o regeneración de una cubierta vegetal permanente de alto valor forrajero, que cubra un 90% del área afectada. La bonificación cubre el 50% de los costos netos.

Programa de Conservación de Suelos

El objetivo de este programa es evitar la pérdida física de suelo por erosión, el deterioro de las propiedades físicas del suelo (que se relacionan con este proceso) y aumentar la incorporación de agua en el perfil del suelo, mediante la utilización de métodos y prácticas de la agricultura de conservación. Entre estas prácticas están la cero-labranza, los cultivos en contorno, las zanjas de infiltración, las barreras de control de dunas y la aplicación de materia orgánica (guano, compost). La bonificación cubre el 80% de los costos netos.

Programa de Rehabilitación de Suelos

El objetivo de este programa es la eliminación de limitaciones que afectan la instalación de cultivos o árboles, tales como tocones, troncos muertos y/o matorrales sin valor forrajero, piedras en suelos pedregosos u otros impedimentos físicos o químicos, como la salinidad o el sodio en suelos salinos y/o sódicos. La bonifi-

Cuadro 1
Aptitud de los suelos de Chile

Aptitud	Superficie (millones ha)	%
Agricultura (suelos arables)	5,5	7,0
Aptitud ganadera	8,9	11,8
Aptitud forestal	16,3	21,7
Indirectamente productivos y Protección	46,8	59,4

Fuente: SAG, 2001

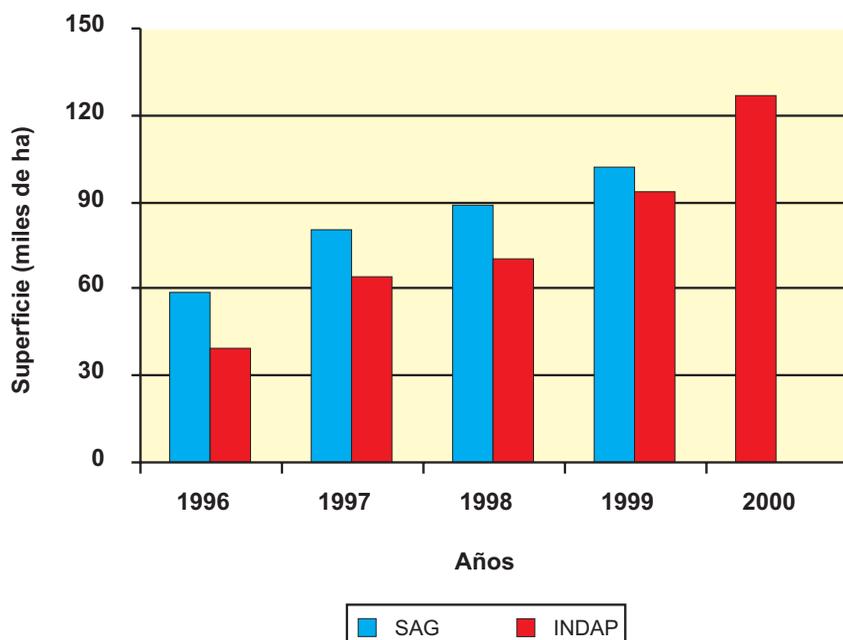


Figura 5. Superficie de suelos intervenida por SAG e INDAP a través de los diversos Programas de Mejoramiento y Recuperación de Suelos Degradados

cación cubre el 50% de los costos netos de las labores o prácticas.

Implementación del Programa de Recuperación de Suelos Degradados

Este programa del Ministerio de Agricultura es ejecutado en todo el país por el Servicio Agrícola Ganadero SAG, para medianos y grandes agricultores y por el Instituto de Desarrollo Agropecuario INDAP para los pequeños agricultores. El nexo entre los productores agrícolas y las instituciones responsables del agro, se

establece mediante operadores privados, que son, además, los que realizan los planes de manejo y los muestreos de suelo cuando corresponde. Ellos deben estar debidamente acreditados por el SAG. El plan de manejo puede tener una duración máxima de tres años y en su conjunto no se puede percibir incentivos en exceso de 160 UTM. Otras atribuciones del SAG son, la programación del concurso público, la fiscalización de los planes de manejo y el pago de incentivos, la reglamentación de la acreditación de las empresas y laboratorios, el establecimiento de la “tabla de costos

anual” y la supervisión de la capacitación y acreditación de los operadores.

Resultados de la aplicación de los programas de mejoramiento y recuperación de los suelos degradados

En la Figura 5 se observa la superficie favorecida por estos programas, la que se ha incrementado desde 59.000 ha en el año 1996 hasta 127.000 en el año 2000, para los beneficiarios del SAG. En el caso del INDAP desde 40.000 ha a 94.000 en el año 1999 (no se contó con la información del año 2000). Esto significa un incremento de 115 % en el primer caso y de 135% en el caso del INDAP.

Los resultados preliminares obtenidos por el SAG indican que se ha provocado un cambio directo o indirecto del uso del suelo respecto del uso tradicional y que se ha mejorado el manejo tecnológico de los predios. La fertilización fosfatada elevó los contenidos de fósforo disponible de los suelos. En general, las dosis de fósforo recomendadas fueron efectivas para alcanzar los rendimientos esperados. Las dosis aplicadas como enmiendas calcáreas disminuyeron la acidez del suelo en las áreas agroecológicas estudiadas y se observó, además, que la saturación de aluminio disminuyó de un 43 % a 23% en los suelos con más de un 5% de saturación y el calcio intercambiable se incrementó. 

Servicios de Análisis de Suelo, Foliar, Agua y Fertilizantes

Análisis de Suelo
 Análisis Foliar
 Análisis Nutricional de Frutos
 Análisis de Reservas de Nitrógeno
 Análisis de Calidad Agrícola de Aguas
 Análisis de Fertilizantes de Suelo
 Análisis de Fertilizantes Foliares
 Análisis de Guanos y Compost

Informaciones: Teléfonos 686 4157 - 686 4103 - Fax 553 1841

www.laboratoriosfaif.puc.cl