

# DEGRADACIÓN ECOLÓGICA DE LA PLANICIE COSTERA DE LITUECHE (CHILE CENTRAL) Y SUS EFECTOS SOBRE EL NIVEL DE FERTILIDAD DEL SUELO<sup>1</sup>

## Ecological degradation of the coastal plain of Litueche (Central Chile) and its effects on the soil fertility level<sup>1</sup>

Joachim Hesse-Perez<sup>2</sup>, Eduardo Besoain M.<sup>3</sup> y Fernando Squella N.<sup>3</sup>

### S U M M A R Y

Soils from the coastal plain of Litueche, situated in Region VI of Central Chile (34° 06' 30" S.L. and 71° 49' W. Long) were studied in order to evaluate the fertility levels of soils degraded by erosion, excessive monoculture, forest devastation, etc. For that purpose, soils under forestal use (*Pinus radiata*) and pasture were comparatively studied. All experiments were performed at Hidango farm (2,656 ha) of INIA.

Physical-chemical and mineralogical properties of the original soil (Typic Palexeralf; Parabraunerde) were evaluated in a non-eroded site. Using the square method and perpendicular to the altitude level, samples of surface soil under pasture and under pine-tree plantation were studied. Total N, available P, K, Ca, Mg and soluble B and Zn, as well as texture, bulk density, pH, CEC, O.M., and bases saturation were determined. Content of nutrients were measured in square-celled grid (375 x 60 m) to illustrate the spatial distribution of each parameter.

No sharp differences in nutrient status were observed. However, soils under pine-tree plantation show higher nutrients level as compared with soil samples under pasture. The soils are poor; the erosion processes and nutrient losses are stimulated by surface runoff. Clay mineralogy is dominated by kaolinite which does not help to preserve the nutrient content.

**Key words:** erosion, fertility, grassland, pine-tree plantation.

### INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, alrededor de 300 millones de hectáreas, lo que equivale al 75% a las regiones áridas, semiáridas y del trópico seco de América

Latina y el Caribe, están afectadas por el proceso de desertificación o de degradación de los suelos. El deterioro de los ecosistemas productivos constituye una amenaza evidente, progresiva y grave para el desarrollo de estas regiones y por consiguiente, para la producción alimentaria (FAO, 1993).

<sup>1</sup>Recepción de originales: 19 de agosto de 1997.

<sup>2</sup>Institut für Geographie, Universität Münster. Robert Koch-Str 26, Alemania.

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional La Platina. Casilla 439/3. Santiago Chile.

En Chile continental existen alrededor de 1,5 millones de hectáreas afectadas por la degradación

de las tierras. En la VI Región, particularmente los ecosistemas de la cordillera de la costa y de las planicies litorales están fuertemente a muy fuertemente degradadas (IREN-CORFO, 1979). Las causas del deterioro de las planicies costeras de dicha región son especialmente la tala y quema de la vegetación nativa, el excesivo monocultivo de trigo en el siglo pasado, durante la época de las exportaciones de este cereal a Perú, además del sobrepastoreo, la susceptibilidad de los suelos a la erosión hídrica, la intensidad de las lluvias invernales y finalmente, el laboreo inadecuado de los suelos agrícolas (Martín, 1909; Weischet, 1979). Una consecuencia de los procesos de degradación ha sido, entre otros, la pérdida de la materia orgánica y elementos nutritivos N, P, K, Ca, Mg y S, por cosecha, volatilización, escorrentía superficial y arrastre de partículas de suelo (Massey y Jackson, 1952; Barrows y Kilmer, 1963; Lal, 1976; Fölster y Fassbender, 1984), lo que trae como resultado una disminución de la fertilidad del suelo y una desestabilización de todo el ecosistema (Lal, 1990; Kazda, 1993).

Un sistema de uso y manejo de suelos que ha demostrado tener un gran potencial en las zonas áridas y semiáridas es la agroforestería. Aparte de los beneficios socioeconómicos, este sistema ofrece varias ventajas ecológicas, especialmente conservación del suelo y de los recursos hídricos (FAO, 1993; Young, 1989).

El objetivo de este estudio fue, en primer lugar, analizar y valorar los niveles de fertilidad del suelo y la distribución espacial de los nutrientes en un sitio representativo de la planicie costera de Chile Central, deteriorada particularmente por la intervención antrópica. En segundo lugar, estudiar el efecto del pino (*Pinus radiata*), plantado en el área de estudio en 1984 como componente arbóreo de un sistema agroforestal, sobre la fertilidad del suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El sitio de estudio se encuentra ubicado en el Centro Experimental Hidango, del Instituto de

Investigaciones Agropecuarias (INIA) en la VI Región, en las proximidades de Litueche, a 130 km al SO de Santiago y a 18 km al E del Océano Pacífico. Sus coordenadas geográficas son 34°06'30" lat. S y 71°40' long. O (Figura 1). El predio tiene una superficie de 2.656 hectáreas (ha) y es representativo de la zona. En el área seleccionada se aplica el sistema de manejo silvopastoral, definido por Young (1989) como "un sistema de uso en que árboles o arbustos coexisten en el espacio y el tiempo con cultivos o praderas. Ello permite una producción en buena relación económica y ecológica con protección de los recursos suelo y agua". El sector estudiado se sitúa en el potrero "Los Grillos" (119 ha) y en él se alternan hileras de pinos con 2 m de separación entre ellas con franjas de 9 m de pradera pastoreadas durante todo el año (Figura 2).

Las características físicoquímicas del suelo original fueron estudiadas en un perfil de suelo no erosionado y cubierto con restos de bosque nativo, situado en la cima del cerro "Los Grillos" (328 m.s.n.m.). Para la descripción y clasificación del suelo se usó el sistema alemán de Clasificación y Sistemática de acuerdo al AG Bodenkunde (1982) (Cuadros 1, 2) y el sistema taxonómico americano (Keys to Soil Taxonomy, 1994). La mineralogía de las arcillas se estudió por difracción de rayos X.

A lo largo de un transecto v.gr. catena, y perpendicular a los niveles de altitud se seleccionaron con el sistema de la malla cuadrada (Schlichting u Blume, 1966) 36 muestras del solum (0-20 cm) en sitios contiguos cubiertos con pradera y pino. En todas las muestras se determinó el contenido de N total además de los nutrientes disponibles P, S, K, Ca y Mg así como las fracciones solubles de Zn, B. Simultáneamente se determinó la textura, densidad aparente, el pH (H<sub>2</sub>O, CaCl<sub>2</sub>), materia orgánica, la capacidad de intercambio de cationes (CIC) y la saturación de bases, todo ello de acuerdo a la metodología de Sadzawka (1990). La valorización de los niveles de fertilidad se efectuó de acuerdo a los criterios de Landon (1991).

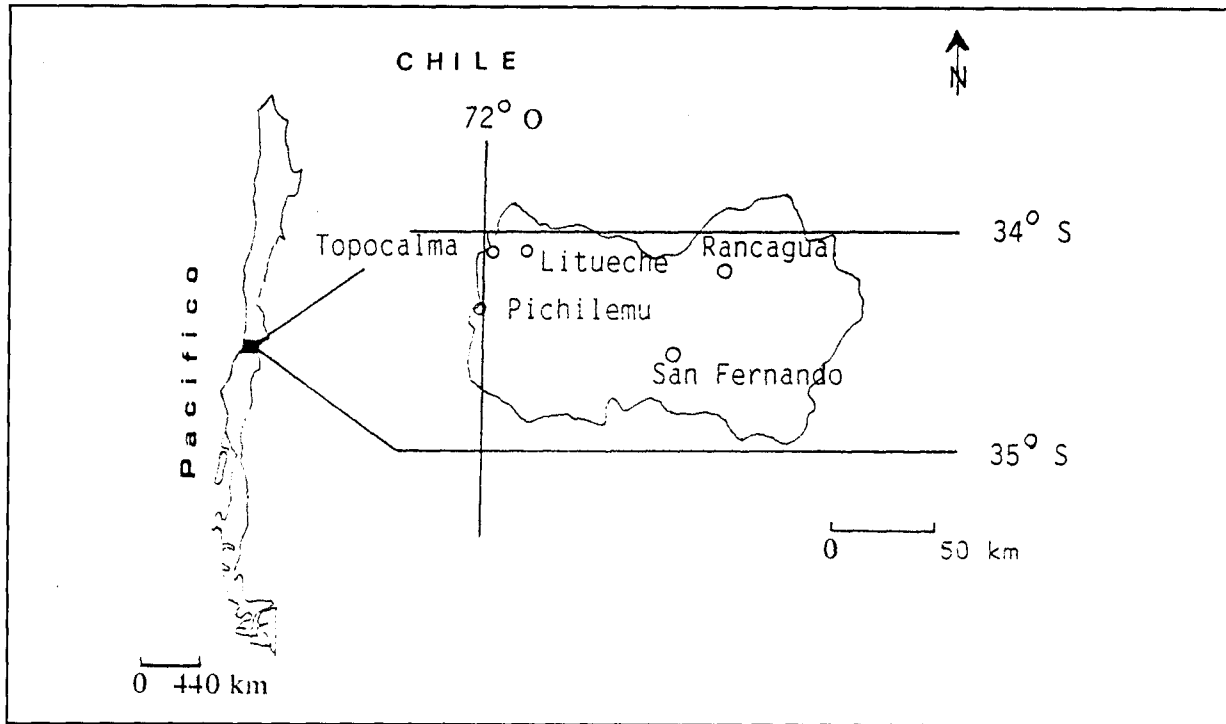


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio.  
Figure 1. Geographic location of studied area.

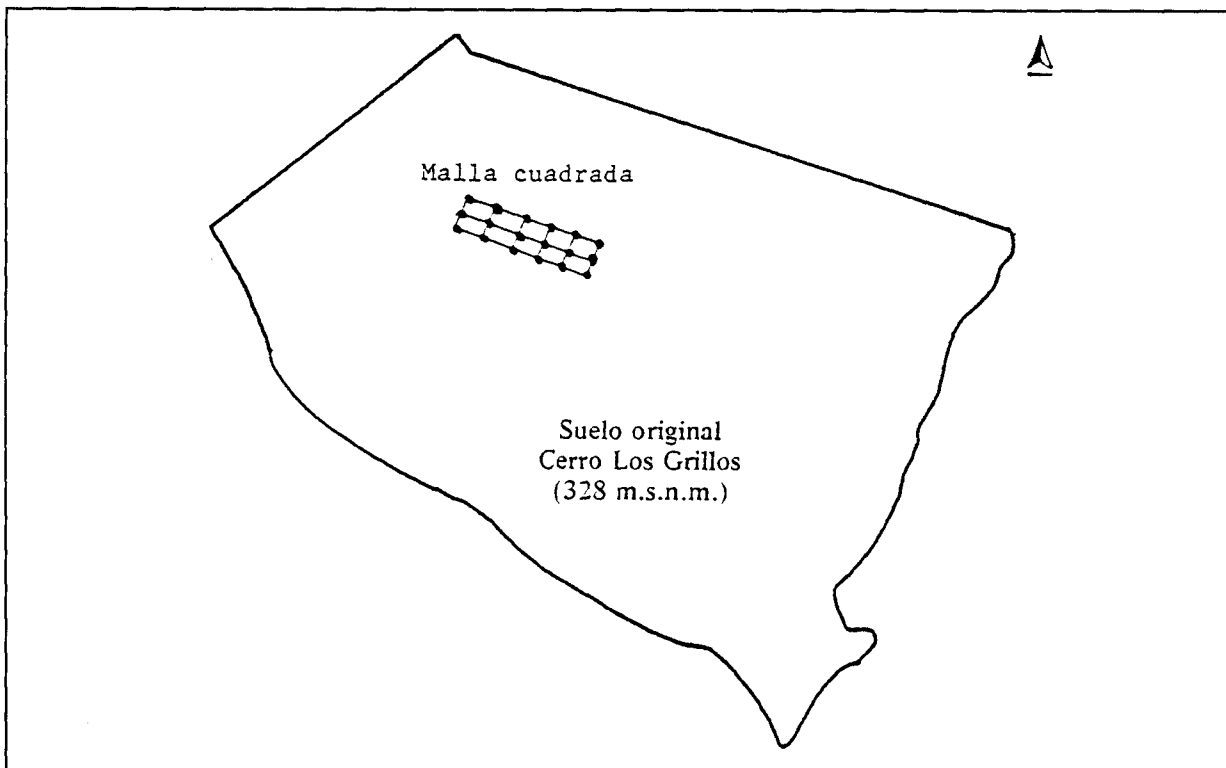


Figura 2. Ubicación del suelo original, no alterado, y de la malla cuadrada en el cerro Los Grillos.  
Figure 2. Location of non altered original soil and the square net in Los Grillos hill.

**Cuadro 1. Propiedades físicoquímicas del suelo original del cerro "Los Grillos" (Parabraunerde; Typic palexeralf). Litueche, Hidango.**

**Table 1. Physical-chemical properties of the original soils of "Los Grillos" hill (Parabraunerde; Typic palexeralf). Litueche, Hidango.**

Nº	Horizonte	Profund. (cm)	Textura			D.A. kg.m <sup>-3</sup>	pH	
			Arena, %	Limo %	Arcilla, %		H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>
1	Ah	0-15	46,3	26,2	27,5	1,3	5,5	4,5
2	Al	15-54	40,6	26,5	32,8	1,2	6,0	4,6
3	Bt	54-94	23,2	25,9	50,8	1,1	6,4	5,2
4	BbtCv	94-120	25,1	30,9	44,0	1,1	6,5	5,5

Nº	Horizonte	Fe <sub>d</sub> %	Fe <sub>o</sub> %	Fe <sub>o</sub> /Fe <sub>d</sub>	C.O. %	m.o. %	C/N	CIC (pH7) cmol.kg <sup>-1</sup>
2	Al	0,86	0,10	0,11	0,90	1,55	5,7	16,84
3	Bt	1,26	0,14	0,11	0,53	0,91	4,0	25,70
4	BbtCv	1,05	0,09	0,08	0,29	0,50	2,8	24,11

Nº	Horizonte	Bases de intercambio (cmol.kg <sup>-1</sup> )					S.B. %	Minerales de arcilla*
		Ca	Mg	K	Na	Al		
1	Ah	6,69	1,88	0,25	0,13	0,23	63	C=5; E=1; I=1; Q=1
2	Al	7,59	2,88	0,17	0,16	0,25	64	C=5; I=1; P1=1; Q=1
3	Bt	13,21	7,65	0,27	0,36	0,00	84	C=5; V=2; P1=1; Cr=1
4	BbtCv	11,94	7,04	0,05	0,42	0,00	81	C=5; V=2; P1=1; Cr=1

\*C = caolinita; E = esmectita; I = illita; Q = cuarzo; Cr = cristobalita; P1 = plagioclasa; V = vermiculita. 5 = dominante; 4 = abundante; 3 = común; 2 = presente; 1 = escaso.

**Cuadro 2. Nivel de fertilidad del suelo original (Parabraunerde; Typic palexeralf) del cerro "Los Grillos". Litueche, Hidango**

**Table 2. Fertility level of the original soil (Parabraunerde; Typic palexeralf) from "Los Grillos" hill. Litueche, Hidango**

	Ah	Al	Bt	BbtCv
N <sub>tpi</sub> , %	0,197	0,158	0,132	0,104
P, mg/kg	1,00	1,00	1,0	1,0
S, mg/kg	10,0	7,20	10,60	12,70
K, g/kg	0,10	0,07	0,11	0,02
Ca, g/kg	1,34	1,52	2,65	2,39
Mg, g/kg	0,23	0,35	0,93	0,86
Zn, mg/kg	1,66	0,38	0,20	0,12
B mg/kg	0,19	0,24	0,09	0,08

Una representación espacial de la distribución de los elementos nutritivos en el solum de la pradera se obtuvo por interpolación lineal de los datos analíticos en las 18 muestras, lo que totalizó 162.000 valores (Figuras 3, 4).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el área de estudio el suelo dominante es un Parabraunerde (Clasificación alemana) o Typic palexeralf (Soil Taxonomy), desarrollado a partir de un substrato arenoso, poco compactado, proveniente de transgresiones marinas del Plioceno superior (Herm, 1969). El suelo se caracteriza por tener un elevado contenido de arcilla en el horizonte

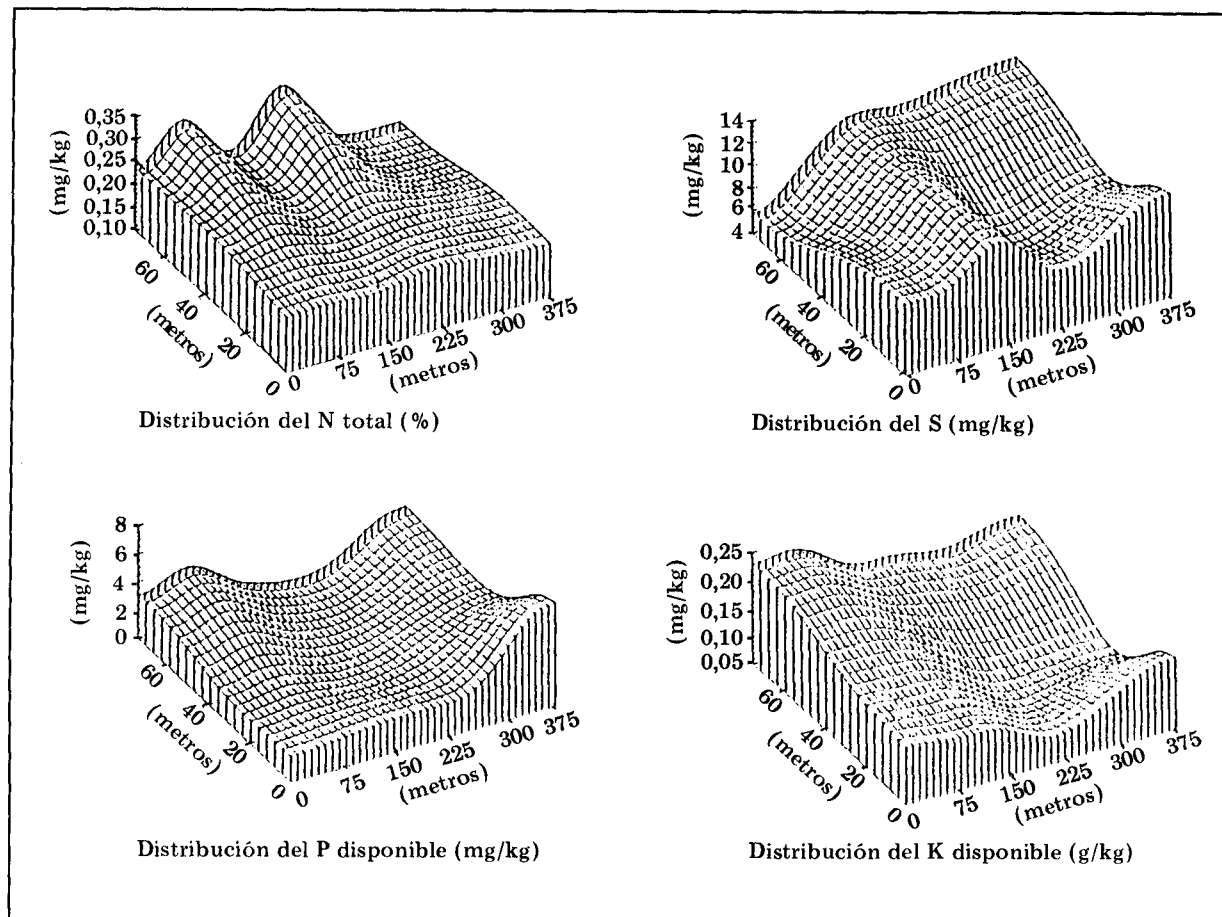


Figura 3. Distribución espacial de nutrientes en el solum (0-20 cm) del suelo bajo pradera de acuerdo al sistema de la malla cuadrada.

Figure 3. Spatial distribution of nutrients in the solum (0-20 cm) of soil under prairie according to the system of square net.

B (50,8%), resultado de la migración de arcilla en el perfil. La textura del horizonte A es franco arcillo arenosa a franco arcillosa.

El pH ( $H_2O$ ) es ácido (5,5) en el horizonte Ah y ligeramente ácido en los horizontes inferiores (Bt.; BbtCv)<sup>1</sup>. Los valores de densidad aparente (D.A.) disminuyen en profundidad desde 1,33 a 1,07 en tanto que los valores de CIC aumentan desde 14,1 a alrededor de 25  $cmol.kg^{-1}$ . Estos últimos valores aumentan no sólo con el contenido de arcilla sino con la presencia de vermiculita

(CIC = 160  $cmol.kg^{-1}$ ). En referencia a los óxidos extractables es un hecho conocido que el Fe extraído con ditionito-citrato ( $Fe_d$ ) incluye todos los óxidos secundarios sin diferenciar fases minerales, en cambio el Fe extraído con oxalato ( $Fe_o$ ) extrae las formas de hierro pobremente cristalizadas y los complejos Fe-orgánicos. La relación  $Fe_o/Fe_d$  por lo tanto, cuantifica la proporción de componentes más o menos activas y en el caso del suelo Los Grillos, esta relación disminuye en profundidad, un hecho que indica que las formas cristalinas de Fe aumentan, como se aprecia en el Cuadro 1.

<sup>1</sup>Significado de letras subordinadas a horizontes maestros: v = Verwitterung: alteración, meteorización; t = Ton: arcilla; translocación de arcilla; b = Braum: pardo y por extensión, verbraunter = empardecido.

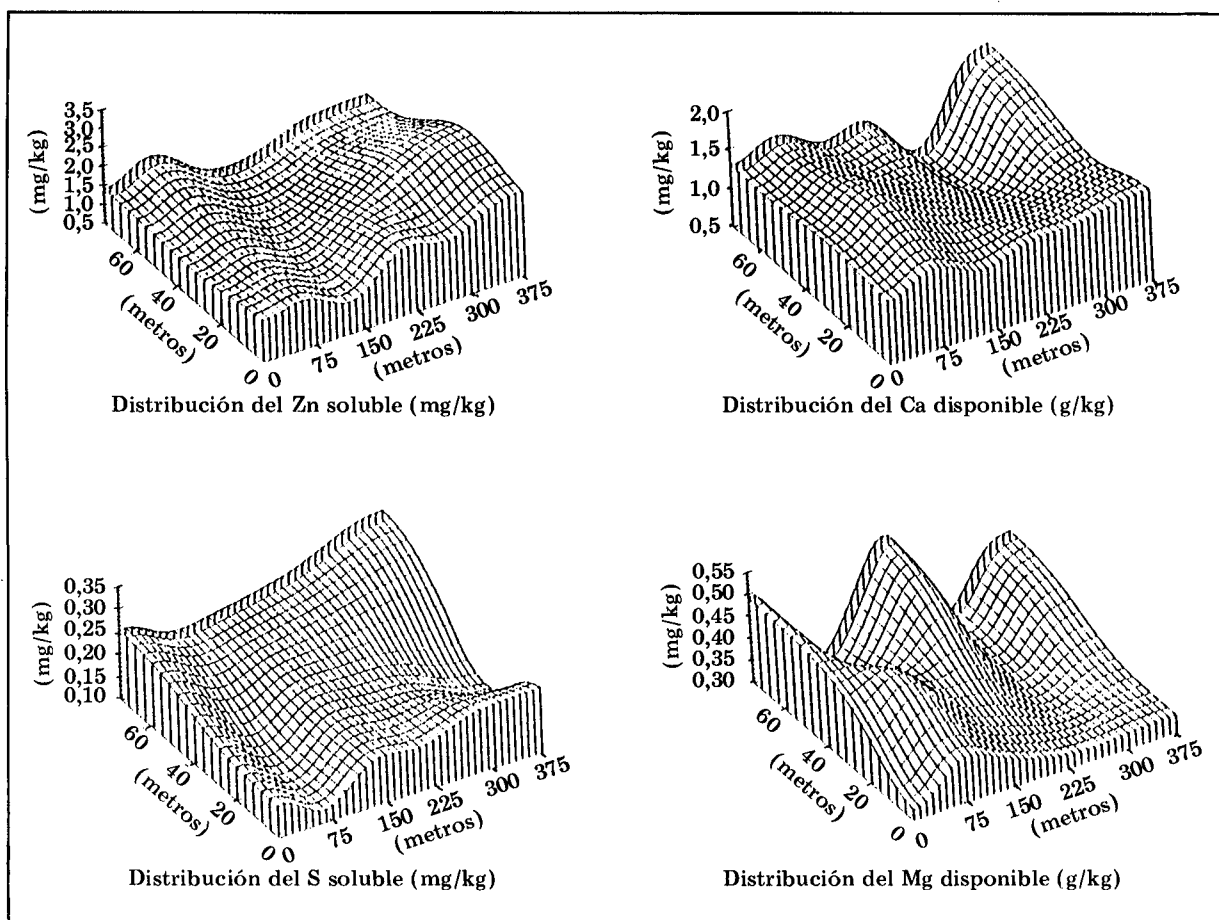


Figura 4. Distribución espacial de nutrientes en el solum (0-20 cm) del suelo bajo pradera de acuerdo al sistema de la malla cuadrada.

Figure 4. Spatial distribution of nutrients in the solum (0-20 cm) of soil under prairie according to the system of square net.

La mineralogía de la fracción arcilla ( $<2 \mu\text{m}$ ) indica que en todos los horizontes, la especie dominante es caolinita, acompañada por componentes accesorios primarios como cuarzo y cristobalita, pequeñas cantidades de illita y plagioclasa. Sin embargo, en los horizontes Bt y BbtCv se asocia la vermiculita, con fuerte influencia sobre los valores CIC (Cuadro 1).

En referencia a los nutrientes (Cuadro 2), el suelo Los Grillos presenta contenidos bajos a medios de K ( $0,02 - 0,11 \text{ g.kg}^{-1}$ ), bajo contenido de Ca ( $1,34 - 2,65 \text{ g.kg}^{-1}$ ) y concentraciones mediana a alta de Mg ( $0,23 - 0,93 \text{ g.kg}^{-1}$ ). El incremento de contenido de Ca, Mg y S en los horizontes Bt y BbtCv señala, probablemente,

la translocación de estos elementos en el perfil. Los muy bajos contenidos de N total y S están relacionados a los bajos niveles de m.o. del suelo ( $2,5$  a  $0,5\%$ ) y el bajo contenidos de P disponible ( $1 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) está referido a la naturaleza del material parental, con muy bajo contenido en fósforo y a la naturaleza del suelo, sin capacidad de almacenamiento de este elemento. El bajo contenido de Zn ( $0,12 - 1,66 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) es una consecuencia del bajo nivel geoquímico del Zn en la arenisca subyacente, ya que como se sabe, el contenido de Zn en las areniscas ( $20 \text{ g/ton}$ ) es el más bajo en relación a otros sedimentos como arcillas, arcillas pizarrosas, oolitos, sideritas (Rankama y Sahama, 1954). Además, el ión Zn es muy móvil y puede fácilmente perderse,

sobre todo por la falta de un soporte orgánico que lo retenga. El bajo nivel de B ( $0,08 - 0,24 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) está relacionado con el incremento del pH y la elevada capacidad de lixiviación del B en el suelo; la sequía estival disminuye también la disponibilidad de este elemento al frenar el movimiento de flujo de masas a las raíces de las plantas (Kluge, 1979).

El análisis de las muestras del transecto cubierto por la malla cuadrada revela algunas diferencias entre aquellas situadas bajo pradera o bajo la plantación de pinos. En los suelos bajo pradera, el contenido de N total en promedio llega a  $0,18\%$ , lo que no es tan bajo si se considera que usualmente en un suelo de zona templada contiene entre  $0,1$  a  $0,3\%$  de N. El contenido promedio de K, Ca y Mg que es de  $0,21$ ;  $1,44$  y  $0,37 \text{ g.kg}^{-1}$ , respectivamente, es normal a bajo, al igual que el contenido de P que es de  $2,6 \text{ mg.kg}^{-1}$  (Cuadro 3).

En las muestras el transecto bajo plantación de pinos, el contenido promedio de N total es similar al contenido bajo pradera ( $0,17\%$ ); los otros nutrientes como P, S, Zn y B tienen todos valores considerablemente más elevados. Sin embargo, el K disminuye aún más su contenido ya que no supera en promedio  $0,17 \text{ g.kg}^{-1}$  comparado con el valor en el suelo bajo pradera que llega a  $0,21 \text{ g.kg}^{-1}$ . El B, en cambio, presenta un contenido algo mayor ( $0,36 \text{ g.kg}^{-1}$ ). Pese a estas diferencias, no hay una modificación substancial del status nutricional en el suelo sometido a manejo de pradera respecto a la vegetación de pinos (Cuadro 4).

En el Cuadro 5 pueden compararse los niveles de fertilidad de los suelos bajo praderas y pinos.

El área de estudio, con pendientes de laderas variables entre  $8$  y  $15^\circ$ , exhibe pérdidas de elementos

**Cuadro 3. Nivel de fertilidad del suelo superficial (solum: 0-20 cm) de la pradera de todos los puntos cubiertos por la malla cuadrada**

**Table 3. Fertility level of the superficial soil (solum: 0-20 cm) of the prairie of all points covered by the square network**

Nº	N <sub>total</sub> %	P mg/kg	S mg/kg	K g/kg	Ca g/kg	Mg g/kg	Zn mg/kg	B mg/kg
1	0,167	2,0	10,80	0,16	1,12	0,23	1,52	0,21
2	0,182	1,0	10,20	0,17	1,10	0,37	0,88	0,24
3	0,132	2,0	4,40	0,22	1,09	0,62	0,98	0,28
4	0,167	2,0	9,90	0,13	1,64	0,35	2,16	0,09
5	0,202	2,0	8,60	0,16	2,02	0,61	1,80	0,07
6	0,274	5,0	8,20	0,25	1,65	0,26	2,24	0,20
7	0,161	3,0	14,60	0,14	1,03	0,37	0,90	0,23
8	0,178	1,0	16,50	0,17	1,70	0,37	0,76	0,22
9	0,120	2,0	12,60	0,17	1,01	0,34	0,98	0,22
10	0,194	3,0	10,30	0,10	1,71	0,32	2,98	0,18
11	0,170	1,0	5,70	0,05	1,19	0,36	1,70	0,19
12	0,283	1,0	11,40	0,18	1,55	0,64	0,86	0,24
13	0,175	2,0	10,20	0,14	1,70	0,35	1,46	0,26
14	0,189	3,0	6,60	0,06	1,08	0,27	2,68	0,18
15	0,145	1,0	12,20	0,15	1,24	0,23	1,50	0,27
16	0,170	9,0	15,20	0,23	1,88	0,34	2,52	0,31
17	0,176	3,0	8,10	0,05	1,28	0,34	3,38	0,07
18	0,144	4,0	12,80	0,18	1,82	0,45	1,64	0,33
Promedio	0,179	2,61	10,46	0,21	1,44	0,37	1,72	0,21

**Cuadro 4. Nivel de fertilidad del suelo superficial (solum: 0-20 cm) bajo cubierta de pinos en todos los puntos cubiertos por la malla cuadrada**

**Table 4. Fertility level of the superficial soil (solum: 0-20 cm) under pine plantation in all the points covered by the square network**

Nº	N <sub>total</sub> %	P mg/kg	S mg/kg	K g/kg	Ca g/kg	Mg g/kg	Zn mg/kg	B mg/kg
1	0,215	9,0	18,00	0,21	1,69	0,31	3,36	0,36
2	0,115	5,0	11,20	0,19	0,82	0,21	1,48	0,24
3	0,142	6,0	9,50	0,11	0,81	0,26	0,82	0,28
4	0,181	6,0	12,00	0,18	1,85	0,29	2,54	0,12
5	0,222	6,0	12,00	0,24	2,36	0,59	2,38	0,12
6	0,238	5,0	11,90	0,29	1,97	0,34	2,20	0,47
7	0,146	11,0	18,10	0,18	1,78	0,33	1,38	0,39
8	0,189	3,0	11,40	0,11	1,26	0,28	1,04	0,28
9	0,152	8,0	16,60	0,20	1,53	0,34	1,44	0,31
10	0,151	2,0	15,60	0,11	1,75	0,54	0,92	0,52
11	0,158	2,0	16,50	0,11	1,15	0,32	2,58	0,26
12	0,207	6,0	18,70	0,16	1,22	0,30	2,36	0,31
13	0,152	2,0	14,10	0,09	1,84	0,32	1,20	0,46
14	0,138	4,0	15,00	0,11	0,93	0,27	3,18	0,44
15	0,199	4,0	15,40	0,20	1,05	0,26	1,06	0,54
16	0,197	10,0	22,20	0,26	1,65	0,34	2,88	0,42
17	0,168	4,0	25,80	0,08	1,37	0,43	1,74	0,41
18	0,142	8,0	29,00	0,36	1,89	0,54	1,12	0,56
Promedio	0,175	5,5	15,70	0,17	1,49	0,35	1,87	0,36

**Cuadro 5. Nivel de fertilidad del suelo (solum: 0-20 cm) bajo pradera y bajo pinos según los contenidos por hectárea**

**Table 5. Fertility level of the superficial soil (solum: 0-20 cm) under prairie and pines according the contents by hectare**

	Pradera	Pino
Materia orgánica, t	75,1	86,6
N <sub>total</sub> , t	5,4	5,3
P, kg	7,9	17,1
S, kg	31,8	49,6
K, kg	456,0	547,0
Ca, t	4,4	4,6
Mg, t	1,2	1,1
Zn, kg	5,3	5,7
B, kg	0,6	1,0

nutrientes por escorrentía superficial y erosión provocada por intervención humana. Este hecho ha sido favorecido además por las lluvias intensas (838 mm anuales) y por la susceptibilidad intrínseca del suelo a la erosión. Ello se visualiza cuando se evalúa la redistribución de los elementos nutrientes del solum del suelo bajo pradera a lo largo de la catena (Figuras 3 y 4).

En el caso del N-total, su distribución no presenta ninguna variación notable, aunque los valores aumentan hacia el borde SW de la malla cuadrada en las cimas y posiciones intermedias. Tal distribución se relaciona con el contenido más bien homogéneo de la materia orgánica en el suelo. El P disponible aparece visiblemente enriquecido en la parte inferior y al pie de la ladera, un hecho que podría estar conectado al movimiento descendente de fosfatos acumulados en la parte alta de la ladera.



En cuanto al azufre destaca el aumento del S/sulfato en la porción superior así como en la parte inferior del pie de la ladera. El aumento de S/SO<sub>4</sub> en los tramos inferiores posiblemente es consecuencia del lavaje de iones SO<sub>4</sub> por aguas percolantes y su acumulación posterior. El K de intercambio alcanza su contenido máximo en la cima y partes altas de la ladera; una leve alza de contenido se observa en los bordes SW y NE al pie de la malla. Es posible que el K acumulado en la parte alta de la ladera en forma de K unido a minerales del suelo como illita y feldespato-K haya sido removido y parcialmente transportado a las partes bajas en el curso del tiempo. La distribución del Ca es cambiante; hay aumento de contenido en el tramo superior de la ladera y disminución a medida que se desciende y aumento al pie de la ladera. Algo similar ocurre con el Mg. La acumulación de estos cationes al pie de la ladera debe haber ocurrido por procesos de disolución y transporte por aguas percolantes. Respecto al Zn y B, ambos muestran su mayor contenido en la cima y disminución en las posiciones más bajas, un hecho que pareciera denotar la estabilidad de estos elementos.

Una medida adecuada para elevar los niveles de fertilidad del suelo, especialmente los contenidos de materia orgánica, fósforo, nitrógeno y potasio, sería aplicar la técnica del "mulch" ya que es evidente que su uso eleva el valor CIC y el pH del horizonte superficial. Además, la cubierta orgánica incrementa la retención de humedad y mejora la estructura del suelo (Müller-Sämman, 1986), atenúa la temperatura superficial, disminuye la evapotranspiración y sirve como sustento alimenticio a la fauna de lombrices y termitas, en particular. Por otra parte el mulch otorga una buena protección contra la erosión por escorrentía superficial y arrastre de partículas de suelo.

Para obtener una protección permanente contra la erosión de manera sustentable, se recomienda la siembra de especies propias de pradera. De acuerdo al criterio de Fölster y Fassbender (1984), la siembra de leguminosas ayudaría a mejorar el abastecimiento de N en el suelo

superficial. Cárcavas y zanjas pueden ser estabilizadas mediante las técnicas convencionales de conservación de suelos.

Dado lo múltiples efectos positivos de los sistemas silvopastorales, como por ejemplo la benéfica influencia sobre el microclima, la disminución del riesgo de incendios forestales, la atenuación de la erosión hídrica, el aumento del nivel de fertilidad y mejoramiento de las propiedades físicoquímicas del suelo (Young, 1989; Garrison y Pita, 1992; Silvo-Pando y González, 1992), se puede aseverar que el sistema de manejo silvopastoral desempeñará en el futuro un papel importante en la explotación de los recursos naturales bajo un criterio ecológico económicamente sustentable en la deteriorada planicie costera de Litueche. Las consecuencias negativas que puede producir la plantación de pino en el largo plazo al suelo y su entorno, como la acidificación (Franke, 1993), pierden importancia cuando se compara con la magnitud de la degradación de la tierra y el ecosistema de esta región de Chile y los problemas socioeconómicos resultantes.

## CONCLUSIÓN

Los suelos de la planicie costera de Litueche, en la VI Región, son parte de un ecosistema vulnerable y actualmente degradado, empobrecido y desestabilizado. Esto ha traído como consecuencia pérdidas en el contenido orgánico y diversos elementos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg).

El suelo original estudiado en el cerro Los Grillos (119 ha) del predio Hidango (2.656 ha) del INIA, representativo de la zona de un Typic palexaralf (U.S. Soil Taxonomy, 1994) con arcillas predominantemente caoliníticas, un hecho que unido al relieve (8-15° pendiente), ha estimulado la pérdida de elementos nutrientes. Ello se aprecia claramente cuando se observa la distribución espacial de los elementos nutrientes a lo largo de la catena en la pradera. Sólo el N-total no muestra variaciones notables, un hecho relacionado con el contenido homogéneo de la materia orgánica.

Se considera que la aplicación de la técnica del "mulch" podría ayudar a elevar los niveles de fertilidad del N, P y K, y a disminuir la escorrentía superficial, atenuando la erosión y el arrastre de partículas.

A fin de obtener protección permanente contra la erosión se recomienda la siembra de especies pratenses, particularmente leguminosas, y aumentar simultáneamente el nivel de N en la superficie del suelo.

Se considera que el sistema de manejo silvopastoral que se aplica en el predio en la actualidad, con excelentes beneficios para el microclima, el aumento del nivel de fertilidad de los suelos, disminución del riesgo de incendio y mejoramiento de las propiedades físicoquímicas del suelo, puede ser una práctica de manejo beneficiosa en el secano costero de la VI Región. Además, aunque las plantaciones de pino pudiesen inducir algún efecto negativo sobre el suelo (acidificación) en el largo plazo, no es comparable con la magnitud del deterioro del suelo y del ecosistema en general y sus problemas socioeconómicos concomitantes.

## RESUMEN

Se realizó un estudio en la planicie costera de Litueche, Hidango, VI Región de Chile Central (34°06'30" lat. S y 71°40' long. O) con el objetivo de valorar los niveles de fertilidad en suelos fuertemente deteriorados por la tala de flora nativa, cultivos excesivos, pastoreo intensivo y erosión hídrica. Para ello se estudiaron comparativamente suelos contiguos, bajo uso forestal actual (*Pinus radiata*) y bajo pradera en un sistema silvopastoral. El lugar donde se efectuaron los experimentos fue el predio Hidango (2.656 ha) del INIA.

Las propiedades físicoquímicas y mineralógicas del suelo original se estudiaron a través de un perfil no-erosionado. Mediante el sistema de la malla cuadrado y perpendicular al nivel de altitud, se colectaron muestras de suelo superficial no fertilizado, cubierto con pradera y bajo plantación de pinos. En todas ellas se determinó N-total, P, K, Ca, Mg y S disponibles y Zn y B solubles, además de textura, densidad aparente, pH, CIC, materia orgánica, saturación de bases. En las muestras de suelo bajo pradera el contenido de elementos nutritivos fue graficado espacialmente interpolando los datos a un total de 162.000 valores de modo que pueden verse en

todo el perímetro de la malla (375 x 60 m) como se distribuyen estos nutrientes.

Aunque existen diferencias en el status de nutrientes, éstas no son excesivamente grandes. Los suelos bajo vegetación de pinos exhiben, en general, niveles de nutrientes más altos comparados con las muestras bajo pradera. El suelo mismo es pobre, en el cual la erosión y pérdida de nutrientes es estimulada por la escorrentía superficial. La mineralogía de las arcillas indica el predominio de caolinita y algo de illita y vermiculita en profundidad, lo que también constituye un factor que contribuye a la pérdida de nutrientes del suelo e incremento en horizontes profundos.

Se estima que una buena medida de prevención a los problemas de erosión sería la aplicación de la técnica de "mulch", que podría beneficiar el incremento de la materia orgánica, los valores CIC, el pH superficial, la retención de humedad y la atenuación de la evapotranspiración.

**Palabras claves:** Erosión, fertilidad, pradera, plantación de pinos.

## LITERATURA CITADA

- AG BODENKUNDE. 1982. Bodenkunde Kartieranleitung. Hannover, 86 s.
- BARROWS, H.L. AND KILMER, V.J. 1963. Plant nutrient losses from soils by water erosion. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 5: 303-316.
- FAO. 1993. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago-Chile. Red de Cooperación Técnica en Sistemas Agro-Forestales. Carta Circular N° 19.
- FÖLSTER, H. UND FASSBENDER, H. 1984. Ökopedalogische Grundlagen der Bodennutzung in der Tropen und Subtropen. Vorlesungskript Universität Göttingen. 176 p.
- FRANCKE, S. 1980. Análisis comparativo de fertilidad y productividad en sitios con plantaciones de Pino Insigne (*Pinus radiata*), sometidos a 1° y 2° rotación. Tesis de grado. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 132 p.
- FRANCKE, S. 1993. Efecto de las plantaciones forestales en el suelo. CONAF. Santiago, Chile. Chile Forestal N° 70. Documento Técnico. 8 p.
- GARRISON, M. AND PITA, M. 1992. An evaluation of silvopastoral systems in pine plantations in the Central Highlands of Ecuador. Agroforestry Systems 18: 1-6.
- HERM, D. 1969. Marines Pliozan and Pleistozän in nord und Mittelchile unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung der Mollusken-Fauna. Zitteliana 2: 1-59.
- IREN-CORFO. 1979. Fragilidad de los ecosistemas naturales de Chile. Informe N° 40. Santiago, Chile. 16 p.
- KAZDA, M. 1993. Nährstoffhaushalt. *En:* KUTTLER, W. (ed.) 1993. Handbuch zur ökologie. Berlin, Analytica. 525 s.
- KLUGE, M. 1979. *In:* GIBA M. and LATZKO E. (eds.) Encycl. Plant Physiology. Vol. 6 p. 113, Springer-Verlag.
- LAL, R. 1976. Soil Erosion on Alfisols in western Nigeria. VI. Nutrient element losses in runoff and eroded sediments. Geoderma 16: 403-417.
- LAL, R. 1990. Soil erosion and land degradation: the global risks. *En:* LAL, R. and STEWART, B.A. (eds.). Soil Degradation. Advances in Soil Science. Vol. II: 129-163.
- LANDON, J.R. (ed.). 1991. Booder Tropical Soil Manual. Longman Scientific and Technical. Essex, England. 474 p.
- MARTIN, C. 1909. Landeskunde von Chile. Hamburg, Alemania. 777 p.
- MASSEY, H.F. AND JACKSON, M.L. 1952. Selective erosion of soil fertility constituents. Soil Sci. Soc. Proc. 8: 353-356.
- MÜLLER-SÄMANN, K.M. 1986. Bodenfruchtbarkeit un stadortgerechte Landwirtschaft Dt. Ges Für Techn. Zusammenarbeit (GTZ). Schriftenreihe. 195, Eschborn.
- RANKAMA, K.E. Y SAHAMA, G.T. 1954. Geoquímica. Aguilar, Madrid, 862 p.
- SADZAWKA, M.A. 1990. Métodos de análisis de suelos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental La Platina. Santiago, Chile. Serie La Platina N° 16. 130 p.
- SCHAEFFER, F. UND SCHACHTCHABEL, P. 1989. Lehrbuch der Bodenkunde. 12 Auflage. Stuttgart. 394 p.
- SCHLICHTING, E. UND BLUME, H.P. 1966. Bodenkundliches Praktikum. 1 Anfl. Hamburg. 289 p.

SILVO-PANDO, F.J. AND GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, M.P. 1992. Agroforestry Today 4(4): 7-8.

SOIL SURVEY STAFF. 1994. Keys to Soil Taxonomy. 6<sup>th</sup> Ed. U.S. Department of Agriculture and Soil Conservation Service. Washington, D.C. 306 p.

WEISCHET, W. 1979. Chile. Seine länderkundliche Individualität un Struktur. Darmstadt, 618 s.

YOUNG, A. 1989. 10 Hypotheses for Soil-Agroforestry Research. Agroforestry Today 1(1): 13-16.