

# Influencia de un nivel freático fluctuante en la oxigenación del suelo y en el rendimiento de una pradera de ballica inglesa (*Lolium* sp.)<sup>1</sup>

Jorge Tondreau A.<sup>2</sup>

## INTRODUCCION

Es un hecho conocido que las plantas necesitan O<sub>2</sub> para el crecimiento radicular, sin embargo no se ha estudiado completamente el efecto de período de insuficiente oxigenación sobre los rendimientos de las plantas. El agua por sí sola no causa daños a las raíces (hidroponía), pero una saturación del suelo está acompañada generalmente de una deficiencia de O<sub>2</sub>. El daño producido dependerá del período de inundación y de la calidad y temperatura del agua (Taylor y Ashcroft, 1972). Las plantas y microorganismos utilizan el O<sub>2</sub> remanente y producen CO<sub>2</sub> a una ve-

locidad mayor que la de intercambio atmosférico, ya que el O<sub>2</sub> se difunde por poros abiertos 10.000 veces más rápido que a través del agua; este fenómeno limita el crecimiento radicular y el desarrollo de los cultivos (Letey *et al.*, 1962) (Wiegand y Lemon, 1958). El CO<sub>2</sub> y el agua aumentan la solubilidad de algunos minerales y los organismos del suelo reducen los nitratos y compuestos oxidados utilizándolos como fuentes de O<sub>2</sub> (Grass *et al.*, 1973) (Meek *et al.*, 1969).

El proceso de difusión es causante de la mayor parte del intercambio gaseoso entre el suelo y la atmósfera (Letey y Stolzy, 1964) (Taylor y Ashcroft, 1972) y se expresa con la ecuación:

$$dQ = D_p \frac{dc}{dx} dt, \text{ donde}$$

<sup>1</sup>Parte de la Tesis de Grado para optar al Título de M.S. en el Departamento de Ingeniería Agrícola y Riego de la Universidad del Estado de Utah, U.S.A.

Recepción originales: 1º de octubre de 1975.

<sup>2</sup>Ing. Agr., M.S., Programa de Riego, Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile.

$dQ$ , cantidad de gas que difunde;  $Dp$ , coeficiente de difusión en agua;  $dt$ , incremento de tiempo;  $c$ , concentración y  $x$ , distancia. Existen varios métodos para medir el  $O_2$  en el suelo, pero la mayoría no considera la dificultad impuesta por el agua a la difusión del  $O_2$ . El desarrollo de nuevos instrumentos como el electrodo cubierto (Willey y Tanner, 1963) y el microelectrodo de platino (Lemon y Erickson, 1955), la medición de los potenciales de óxido-reducción y mátrico, y el análisis de la solución del suelo, permiten evaluar las condiciones de oxigenación de un perfil de suelo.

El objetivo principal de este trabajo fue determinar las condiciones de oxigenación de un suelo sometido a un nivel freático fluctuante y su influencia en el rendimiento de una pradera artificial.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en el Centro de Investigación y Conservación del Valle Imperial, California, en un suelo profundo, de textura franco limosa, densidad 1,2 g/cm<sup>3</sup> y pH 7,8. Se estableció un nivel freático artificial, introduciendo agua por tres drenes paralelos, cuyas fluctuaciones se controlaban en un tubo central de alimentación. Antes y después del experimento se tomaron muestras de solución del suelo y se analizaron en el laboratorio. En forma perpendicular a los drenes se instalaron pozos de observación para medir las alturas del nivel freático, electrodos cubiertos para determinar porcentaje de  $O_2$ , electrodos y tensiómetros para medir potenciales de óxido-reducción y mátrico, y muestreadores de solución del suelo. Se fabricaron microelectrodos de platino con un área efectiva de 0,123 cm<sup>2</sup>; la velocidad de difusión de  $O_2$  se midió después de aplicar durante 4,5 minutos un potencial de 0,65 volts. Se estableció una pradera de ballica inglesa (*Lolium* sp.) regada por aspersión.

RESULTADOS Y DISCUSION

Aireación del suelo a 50 cm de profundidad

En presencia de niveles freáticos a 55, 100 y 135 cm de profundidad, el contenido de  $O_2$  a 50 cm de profundidad fue críticamente bajo, como se observa en las Figuras 1, 2 y 3, respectivamente; la influencia de una franja capilar es obvia. Los valores de velocidad de di-

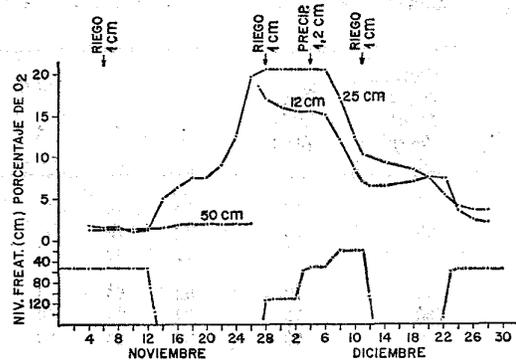


Figura 1 — Contenido de  $O_2$  y fluctuaciones del nivel freático.

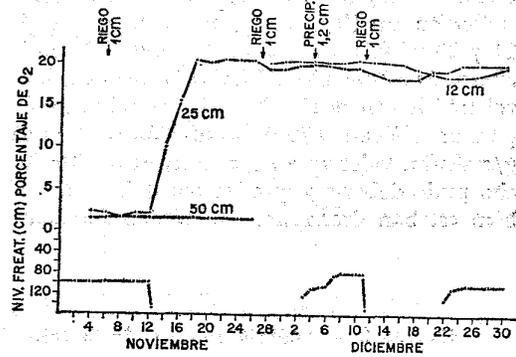


Figura 2 — Contenido de  $O_2$  y fluctuaciones del nivel freático.

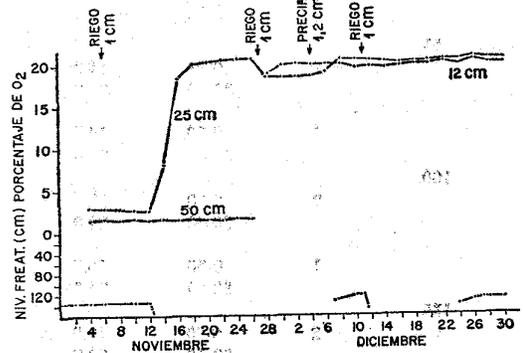


Figura 3 — Contenido de  $O_2$  y fluctuaciones del nivel freático.

Cuadro 1 — Velocidad de difusión de O<sub>2</sub> en el suelo (g/cm<sup>2</sup>min).

Prof. Nivel Freático (cm)	Prof. suelo (cm)	NOVIEMBRE						DICIEMBRE			
		4	7	13	15	19	29	1	9	21	25
55	12	39	24	59	80	80	80	91	55	54	36
	25	22	18	37	40	45	80	62	29	29	20
	50	21	22	27	32	42	25	21	22	26	22
100	12	52	43	73	80	80	62	78	73	55	80
	25	27	22	40	61	65	80	80	80	80	80
	50	26	26	32	34	42	27	28	29	26	24
150	12	58	50	77	80	80	80	80	80	53	80
	25	32	21	50	60	80	80	80	80	80	80
	50	29	26	34	31	44	25	25	24	29	24

fusión de O<sub>2</sub> en el suelo, Cuadro 1, también indicaron un flujo muy lento con valores de 21 y 29 g/cm<sup>2</sup>min, que corresponden a condiciones de saturación. Al bajar la altura del nivel freático en noviembre, el contenido de O<sub>2</sub> permaneció constante y la difusión subió a 43 g/cm<sup>2</sup>min, valor que no es muy alto. Este hecho pudo deberse a que los poros del suelo, si bien estaban drenando, aún tenían suficiente

agua como para impedir la entrada del aire atmosférico.

Hubo cierta evidencia de disolución de manganeso en la estrata 30-60 cm de profundidad (Cuadro 2) en lugares donde el nivel freático estuvo a 55 y 100 cm y el potencial de óxido-reducción permaneció bajo 200 milivolts por un largo período (Cuadro 3). El resto de los cationes analizados no sufrieron

Cuadro 2 — Análisis químico de la solución del suelo.

Prof. nivel freático (cm)	Análisis Nº	Prof. suelo (cm)	Ca	Mg (meq/l)	Na	K	Mn (ppm)	C. Org.
55	1	0-30	15,9	9,4	20,6	0,7	0,2	79,3
		30-60	24,4	16,7	38,0	0,6	0,6	71,9
	2	0-30	14,0	8,4	27,6	0,7	0,2	86,3
		30-60	21,2	16,0	30,2	0,6	1,1	68,3
100	1	0-30	14,7	8,6	20,6	0,7	0,6	79,2
		30-60	24,8	18,7	33,8	0,5	0,7	79,8
	2	0-30	19,2	10,0	16,6	0,7	0,4	78,2
		30-60	24,8	17,0	34,3	0,6	1,2	81,8
135	1	0-30	16,7	7,8	13,0	0,6	0,2	72,2
		30-60	24,3	15,9	24,3	0,7	0,3	71,3
	2	0-30	18,9	5,6	18,7	0,6	0,2	78,0
		30-60	22,9	15,7	32,5	0,6	0,4	65,5

1. Antes del experimento.
2. Después del experimento.

Cuadro 3 — Potencial de óxido-reducción (mvolts)

Prof. Nivel Freát. (cm)	Prof. suelo (cm)	NOVIEMBRE						DICIEMBRE		
		5	6	7	13	15	18	6	8	11
55	12	400	400	400	400	400	400	400	400	400
	25	305	300	301	291	274	225	400	400	214
	50	-169	-165	-164	-180	61	139			
100	10	400	400	400	400	400	400			
	25	235	261	294	303	400	400			
	50	-199	-42	22	34	167	202			

cambios en su concentración durante el ensayo.

*Aireación del suelo a 25 cm de profundidad*

Las condiciones de aireación a 25 cm de profundidad fueron diferentes a las encontradas a 50 cm, excepto al comienzo del ensayo, en donde la influencia del agua capilar alcanzó hasta 110 cm sobre el nivel freático. Al bajar el nivel en noviembre, el aire penetró al suelo con una velocidad mayor en lugares donde la napa de agua permaneció siempre a profundidades mayores de 55 cm, obteniéndose el día 15 valores de difusión de 60 y 61 g/cm<sup>2</sup>min en comparación con valores de 40 g/cm<sup>2</sup>min.

Cuando el nivel freático subió por etapas en noviembre hasta los 20 cm, el contenido de O<sub>2</sub> empezó a decrecer con un nivel ubicado a 30 cm de profundidad; la difusión bajó a 29 g/cm<sup>2</sup>min y el potencial de óxido-reducción a 214 milivolts (el 9 y 11 de diciembre, respectivamente).

Al descender en diciembre el nivel freático, el contenido de O<sub>2</sub> continuó disminuyendo a una menor velocidad y la difusión se mantuvo baja en los lugares que tuvieron napa freática superficial y es por esto que, al subir nuevamente el nivel en diciembre, estos valores continuaron decreciendo debido a una baja extracción de agua por parte de las raíces (la tensión de humedad se mantuvo bajo 20 centibares).

Por otra parte, en lugares con napas ubicadas a profundidades mayores de 80 cm, el contenido de O<sub>2</sub> y la difusión fueron óptimos debido a una intensa actividad radicular que extrajo agua a una velocidad mayor que la capilar.

*Aireación del suelo a 12 cm de profundidad*

El contenido de O<sub>2</sub> a esta profundidad varió en forma similar a los valores obtenidos para 25 cm. Las diferencias se debieron a efectos de los riegos y de la lluvia.

*Relación difusión de oxígeno-tensión de humedad*

La Figura 4, muestra una estrecha correlación entre ambos parámetros en un rango de tensión de 0-40 centibares; a tensiones mayores, los valores de difusión se ven afectados por la discontinuidad de la capa de agua alrededor del electrodo (Lemon y Erickson, 1955).

*Relación profundidad del nivel freático-rendimiento*

En la Figura 5, se observa que a mayor profundidad de la napa, se obtuvo mayor rendimiento. La relación materia seca— materia

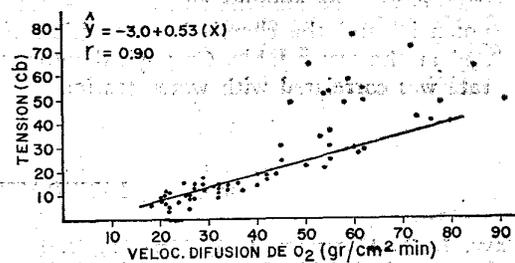


Figura 4 — Velocidad de difusión de O<sub>2</sub> vs. Tensión de humedad.

verde, fue mayor con niveles freáticos superficiales debido quizás a una mayor proporción de tallos sobre hojas o a un menor contenido de agua del área foliar.

### CONCLUSIONES

Se observaron restricciones en el contenido y difusión de  $O_2$  hasta 110 cm sobre un nivel freático. La actividad radicular fue importante en la restauración de la oxigenación del suelo después de un período de saturación. Hubo una estrecha correlación entre difusión de  $O_2$  y tensión de humedad (en un rango de 0-40 centibares) y una relación entre profundidad del nivel freático y rendimiento de la pradera de ballica. También se encontró una ligera evidencia de disolución de manganeso en lugares con niveles freáticos a 55 y 100 cm y potenciales de óxido-reducción menores a 200 milivolts.

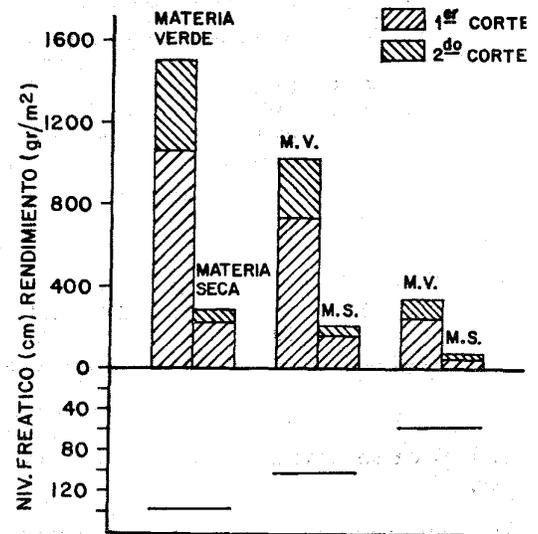


Figura 5 — Rendimiento vs. profundidad del nivel freático.

### RESUMEN

Introduciendo agua al suelo por tres drenes paralelos, se estableció un nivel freático artificial. Se utilizó, además, un sistema de riego por aspersión para establecer una pradera de ballica inglesa (*Lolium* sp.). Se midió la cantidad de oxígeno, su velocidad de difusión, la tensión de humedad del suelo, el potencial de óxido-reducción y la composición química del agua del suelo, bajo y sobre el nivel freático fluctuante. Se relacionó el rendimiento de la pradera con la profundidad del nivel freático y la velocidad de difusión del oxígeno se correlacionó con la tensión de humedad.

### SUMMARY

#### INFLUENCE OF A FLUCTUATING WATER TABLE ON SOIL AERATION AND ON YIELD OF A RYEGRASS CROP (*Lolium* sp.)

A water table mound was established in the field by introducing water into three closely spaced parallel drain lines. A sprinkler system was used for irrigation to establish a ryegrass crop. The amount and diffusion rate of oxygen, the soil water tension, the redox potential and the chemical composition of the soil water were measured below, above and at the water table. Crop yields were related with water table depth and diffusion rate was correlated with water tension.

### LITERATURA CITADA

GRASS, L. B., MACKENZIE, A. J., MEEK, B. D. and SPENCER, W. F. 1973. Manganese and Iron solubility changes as a factor in tile drain clogging: Observations during flooding and drying. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37:14-17.

LEFEY, J., STOLZY, L. H., VALORAS, N. and SZUSKIEWICZ, T. E. 1962. Influence of oxygen diffusion rate on sunflower growth at various soil and air temperatures. Agron. J. 60: 316-319.

- and STOLZY, L. H. 1964. Measurement of oxygen diffusion rates with the platinum micro-electrode. *Hilgardia* 20, Vol. 35, Calif. Agric. Exp. St.
- LEMON, E. R. and ERICKSON, A. E. 1955. Principle of the platinum microelectrode as a method of characterizing soil aeration. *Soil Sci.* 79:383-392.
- MEEK, B. D., GRASS, L. B. and MACKENZIE, A. J. 1969. Applied nitrogen losses in relation to oxygen status of soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 33:575-578.
- TAYLOR, S. A. and ASHCROFT, G. L. 1972. *Physical Edaphology*. Freeman and Company: 353-390.
- WIEGAND, C. L. and LEMON, E. R. 1958. A field study of some plant-soil relations in aeration. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 22:216-221.
- WILLEY, C. R. and TANNER, C. B. 1963. Membrane-covered electrode for measuring oxygen concentration in soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 27:512-515.