

EFFECTOS DEL RIEGO SOBRE EL MICROCLIMA Y LA MESOFAUNA DE TERRENOS CULTIVADOS DE CHILE CENTRAL ¹

Effects of irrigation on soil microclimate and mesofauna of cultivated fields in the central zone of Chile

ERNST R. HAJEK ² y FRANCISCO SAIZ ³

SUMMARY

Irrigation by flooding from field ditches is used in the central zone of Chile. In this investigation we evaluated the influence of flooding irrigation on soil microclimate and mesofauna. Microclimatic observations, specially soil temperature and moisture were made prior, during and after irrigation. Concomitantly soil fauna was extracted and characterized through density and diversity. Increase in the amount of water produces a short term increase in faunal density in the three layers examined (A = 0-5 cm; B = 5-15 cm; C = 15-30 cm depth). Later the density effects of irrigation are dependent on soil depths. Water increased short and long term faunal diversity in all the layers. In the upper layers but not in the lower layers a high density and diversity is maintained. The situation of Protura is particularly emphasized. It is concluded that irrigation is a strong modifier of the thermal, hydric and biological structure of soil and some policies are proposed on frequency and intensity of irrigation for optimal long term yields.

INTRODUCCION

En la zona central de Chile es muy frecuente la aplicación de la técnica de riego por tendido. Esta consiste en la inundación total de los terrenos, lo que implica sucesivas alternancias de períodos secos y húmedos del suelo.

El procedimiento obliga a plantearse una serie de interrogantes sobre el efecto de tal práctica tanto en las condiciones microclimáticas del suelo como en el comportamiento de su fauna. Las principales son; efecto temporal del riego en los perfiles de temperatura y humedad del suelo, efectos sobre la densidad y diversidad de la fauna del suelo, efectos del gradiente hídrico en la distribución temporal de organismos euedáficos.

Fritschen y Nixon (1967) establecen que las modificaciones físicas provocadas por el riego se refieren principalmente a la temperatura, a la presión de vapor y al balance de

energía, siendo interdependientes. La energía incidente (el sol como fuente primaria) en un suelo desnudo se reparte por reflexión, radiación térmica, calentamiento del suelo, calentamiento del aire y evaporación. Al humedecerse dicha superficie con el riego aumentará la energía utilizada en evaporación, cambiará el color y, consecuentemente, disminuirá la energía reflejada. Paralelamente, la evaporación, que es el mayor difusor de calor, disminuye la temperatura de superficie, reduciendo así la radiación térmica, el flujo de calor en el suelo y la energía disponible para calentar el aire.

En relación a la mesofauna del suelo, se ha comprobado una menor variedad de especies y una menor densidad relativa de individuos (densidad específica menor) en los terrenos cultivados sometidos a riego, que en los naturales de que provienen, siendo este efecto mayor cuanto más se alejan de la condición natural inicial. En efecto, la alteración es mayor

¹ Publicación autorizada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica con el N° 81/76. Fecha de recepción: 26/IV/76.

² Laboratorio de Ecología, Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad Católica de Chile, Santiago.

³ Laboratorio de Ecología, Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Católica de Valparaíso.

en los terrenos de Chile central sometidos a riego por tendido que en los cultivados de la zona valdiviana con irrigación natural (di Castri, 1963; Sáiz y di Castri, 1971).

Por lo tanto, es importante analizar la participación real de ciertas prácticas de riego en el empobrecimiento de la mesofauna de los terrenos cultivados.

MATERIAL Y METODOS

La experiencia se desarrolló durante el período estival en una pradera mixta de alfalfa, trébol y gramíneas, ubicada en la comuna de San Bernardo, Santiago. Los suelos corresponden a la serie Maipo (IREN-CORFO, 1964). Mientras duró la experiencia no hubo pastoreo en el sector de experimentación.

a) *Características del suelo.* Arena 45%, arcilla 30%, limo 25%, materia orgánica 2,5% promedio, carbono 1,5%, pH 7.8.

b) *Obtención de datos microclimáticos.* Los datos de temperatura del suelo se obtuvieron a 0,5, 10, 20, 30, 60 y 90 cm de profundidad, mediante termómetros de mercurio en vidrio, realizándose las observaciones cada 3 horas durante 24 días, correspondiendo el riego al tercer día de medición. Los datos obtenidos se interpretaron a través de tautocronas, isopletras y de la diversidad térmica, expresada a través de la desviación estándar diaria de los datos.

El contenido de agua del suelo se obtuvo por el método gravimétrico, secándose las muestras a 105° C. La obtención de muestras se realizó en fechas y estratos coincidentes con las recolecciones de fauna.

En el día del riego se midió periódicamente la temperatura del agua a la entrada del potrero y en la superficie en el sector experimental. El riego duró desde las 9 a las 16 horas.

c) *Obtención de datos faunísticos.* El terreno fue dividido en 32 parcelas iguales, agrupadas en cuatro bloques de 8 parcelas cada uno. Por sorteo al azar se eligió una de cada bloque y se extrajo muestras de suelo 2 días antes y 1, 2, 5, 9, 14 y 20 días después del riego. En cada oportunidad se consideraron tres estratos (0-5, 5-15 y 15-30 cm de profundidad). La extracción de la fauna desde las muestras de suelo se realizó en aparatos de Berlese-Tullgren (Covarrubias y Sáiz, 1971). Las mediciones del parámetro diversidad se hicieron mediante la fórmula de Shannon (Shannon y Weaver, 1949).

RESULTADOS Y DISCUSION

a) ASPECTOS MICROCLIMÁTICOS

1. *Temperatura del suelo*

En el sistema de representación gráfica de tautocronas (Geiger, 1961) se definen dos situaciones generales en cuanto a la expresión del perfil térmico. Cuando el balance de radiación es positivo, las máximas temperaturas se producen a nivel de la superficie del suelo y decrecen al profundizar ("Einstrahlungstypus", E.). La segunda situación corresponde a un balance de radiación negativo, con las temperaturas mínimas en superficie y el aumento progresivo de ellas con la profundidad ("Austrahlungstypus", A.).

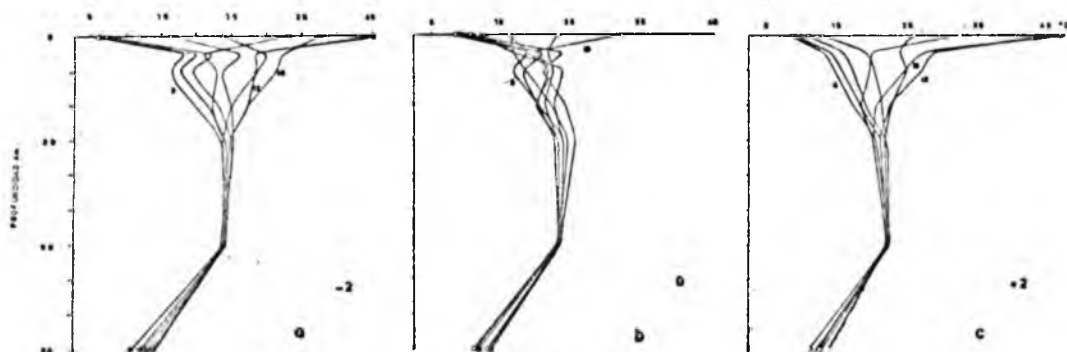


FIGURA 1

TAUTOCRONAS DE TEMPERATURA DEL SUELO. DOS DIAS ANTES DEL RIEGO (a), DIA DEL RIEGO (b) Y DOS DIAS DESPUES DEL RIEGO (c).

Tautochrones of soil temperature. Two days prior (a), day of irrigation (b) and two days after irrigation (c).

La figura 1-a muestra un perfil térmico en que se visualizan en forma muy clara los dos tipos establecidos por Geiger (1961), característico de un día de verano y de suelo seco (fuertes oscilaciones térmicas en superficie). Dos días después, durante el riego (figura 1-b), se mantiene la presencia del tipo "A" y tiende a desaparecer el tipo "E", reflejando características de suelo húmedo y de invierno (baja temperatura y oscilaciones térmicas pequeñas). Finalmente, dos días después (figura 1-c) se restablece el perfil térmico propio del suelo antes del riego.

Desde el punto de vista de la progresión de la onda térmica (figura 2-b) el riego actúa interfiriéndola y provocando un desorden en el gradiente térmico, homogeneizando las temperaturas y tendiendo a mantener isotermas de temperaturas altas cerca de la superficie.

Como una manera de integrar la información de tautocronas y de isopletas en un valor numérico único, utilizamos la desviación estándar (s); un alto valor de esta medida indica fuertes oscilaciones térmicas. Esta expresión puede considerarse como una medida de diversidad térmica. Con el fin de ilustrar el nivel general en que se producen las oscilaciones hemos incorporado la media (\bar{x}).

En el cuadro 1 se comprueba la menor diversidad térmica a medida que se profundiza, y se deduce que el riego provoca una dismi-

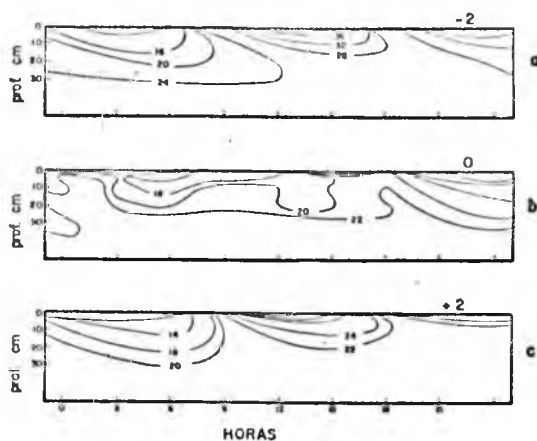


FIGURA 2

ISOPLETAS DE TEMPERATURAS (°C) DEL SUELO DOS DIAS ANTES DEL RIEGO (a), DIA DEL RIEGO (b) Y DOS DIAS DESPUES DEL RIEGO (c)

Isoleths of soil temperature (°C), two days prior (a), day of (b), and two days after irrigation (c).

CUADRO 1

MEDIA (\bar{x}) Y DESVIACION ESTANDARD (s) TERMICAS DIARIAS

Means and standard deviations of daily temperatures

Nivel	Días antes o después del riego (0)							
	-2	0	1	2	5	9	14	
Superficie	\bar{x}	21.8	15.7	20.9	24.1	24.3	23.2	23.7
	s	15.44	8.31	14.63	15.86	17.48	13.78	13.70
- 5cm	\bar{x}	24.7	19.5	18.5	20.4	22.3	21.9	23.5
	s	5.15	2.64	5.44	5.78	5.67	6.63	6.60
-10 cm	\bar{x}	23.4	20.2	10.5	20.7	22.4	21.8	21.9
	s	5.77	2.65	4.61	4.38	4.66	4.39	4.47
-20 cm	\bar{x}	24.0	21.1	19.1	20.1	21.6	22.1	22.5
	s	2.62	1.54	2.10	2.23	2.18	2.18	2.68
-30 cm	\bar{x}	24.5	23.9	21.4	21.3	22.4	23.2	23.2
	s	0.69	0.83	0.68	0.61	0.75	0.74	0.77

nución de la amplitud de las oscilaciones, o dicho de otro modo, homogeniza el perfil térmico.

El cuadro 2 permite seguir, mediante el impacto en la temperatura, la progresión y permanencia del agua en las diferentes profundidades del suelo (valores encerrados en marco). Cabe señalar que el impacto decrece en intensidad a medida que el agua profundiza en el suelo, llegando a igualarse con la temperatura del sustrato a profundidades mayores que 60 cm. En la base del cuadro 2 señalamos, a modo de referencia, las tempera-

turas del agua al ingresar al campo de experimentación.

2. Contenido de agua del suelo

El riego (figura 3-1) provoca una inversión del gradiente hídrico, estableciendo una secuencia decreciente del contenido de agua, situación que no se mantiene más allá de 5 días después de su llegada, momento en que se reestructura el perfil que podríamos llamar típico de dicho terreno en el período de ve-

CUADRO 2
PROGRESION DEL IMPACTO TERMICO DEL AGUA DE RIEGO
Progression of the thermal impact of irrigation water

Días	horas	Profundidad del suelo (cm)						Temp. (°C)	
		0	-5	-10	-20	-30	-60	Máx. Cobertizo	Mín.
- 2	0	7.0	22.5	19.2	23.2	25.0	24.2	23.9	7.5
	3	5.8	20.0	17.3	21.5	24.3	24.0		
	6	6.0	18.2	15.8	20.0	23.8	24.0		
	9	33.0	20.6	23.1	22.0	23.6	23.9		
	12	45.0	28.1	28.9	25.0	23.9	23.8		
	15	37.5	32.3	31.8	27.2	24.7	23.8		
	18	23.5	30.0	27.8	27.0	25.2	23.8		
21	16.2	26.2	23.4	25.1	25.4	23.8			
0	0	10.5	24.0	20.6	24.1	25.4	23.7	26.4	7.5
	3	8.0	21.3	18.2	22.0	24.7	23.8		
	6	8.0	19.0	16.2	20.1	24.0	23.7		
	9	16.4	16.5	24.1	22.2	23.8	23.8		
	12	16.2	18.5	22.1	20.0	23.9	23.8		
	15	32.0	19.0	22.6	19.5	23.4	23.6		
	18	23.2	21.5	22.6	21.1	23.2	23.7		
21	11.8	16.2	18.4	20.2	22.8	23.5			
+ 1	0	8.0	14.2	16.4	18.8	22.5	23.4	25.2	7.0
	3	6.0	13.0	14.8	16.5	21.8	23.2		
	6	5.5	12.0	13.7	17.5	21.3	23.2		
	9	28.0	17.5	17.8	17.0	20.7	22.9		
	12	40.0	22.8	23.3	19.0	20.5	22.8		
	15	39.8	27.2	26.0	21.2	20.9	22.7		
	18	27.0	23.1	24.4	22.1	21.7	22.5		
21	13.0	18.2	19.5	20.9	21.9	22.3			
+ 2	0	11.0	16.2	17.5	19.2	21.8	22.3	28.0	9.0
	3	9.0	14.6	15.9	18.1	21.4	22.2		
	6	8.8	13.2	14.8	17.2	20.9	22.3		
	9	32.6	20.0	20.1	18.1	20.5	22.3		
	12	46.5	27.2	24.9	20.5	20.5	22.1		
	15	45.0	28.8	27.5	22.6	21.1	22.0		
	18	26.0	24.0	25.3	23.1	21.8	21.9		
21	13.5	19.5	20.2	21.6	22.1	21.8			

Temperatura del agua al entrar al potrero:

Hora: 9:00 12:00 15:00
°C : 12.0 13.5 14.3

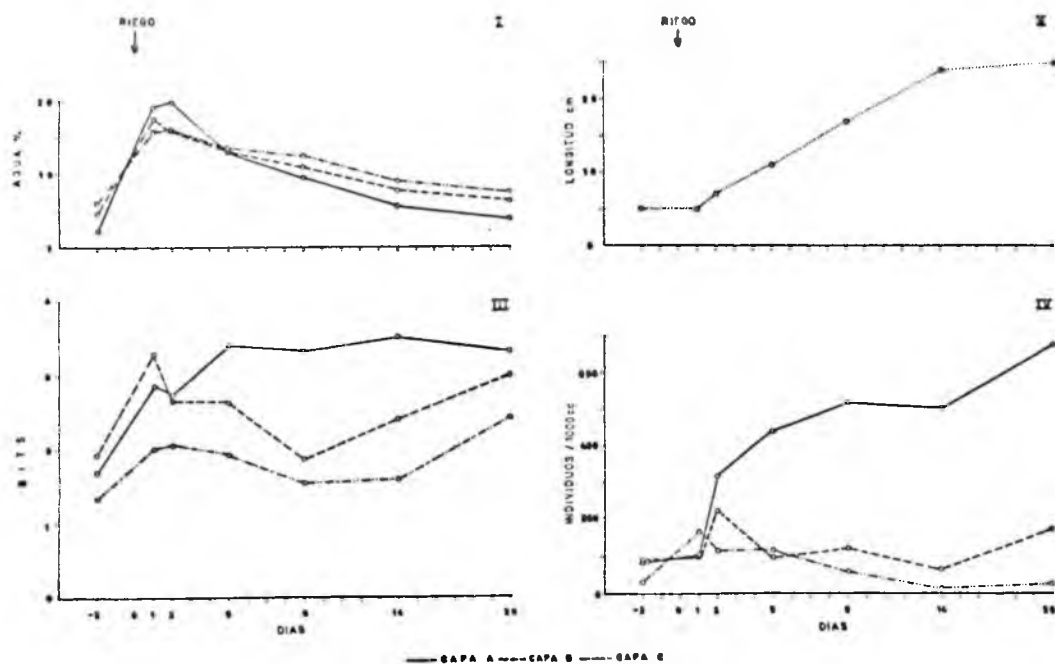


FIGURA 3

HUMEDAD DEL SUELO (I), CRECIMIENTO DEL PASTO (II), DIVERSIDAD (III)
Y DENSIDAD DE MESOFAUNA EDAFICA (IV)

Soil moisture (I), growth of grass (II), diversity (III) and density (IV) of soil mesofauna.

3. Aspectos faunísticos

El aumento de la cantidad de agua por efecto del riego produce un concomitante incremento general de la densidad de la fauna en todas las capas consideradas (0-30 cm), siendo más notoria en la superficial (0-5 cm).

Pasado el efecto inmediato (3-4 días), el comportamiento de la fauna de superficie es diferencial al de profundidad (figura 3-IV). Las capas profundas (5-30 cm) tienden a disminuir o a mantener un bajo nivel de densidad, mostrando una directa dependencia con el contenido hídrico del suelo. En superficie, en cambio, se manifiesta una tendencia siempre creciente ajena al decremento del contenido de agua en superficie. Explica este comportamiento la acción atractiva del pasto en buenas condiciones vegetativas (comparar curva de crecimiento, figura 3-II), lo que hace ingresar al campo de experimentación artrópodos de gran vagilidad (fitófagos y carnívoros), provenientes de sectores cercanos en fase de sequía, además de la permanencia, a nivel radicular superior, de elementos prove-

nientes de capas inferiores que han migrado en el momento del riego.

Un enfoque complementario, para conocer el efecto del riego en la fauna edáfica, es analizar su acción sobre la complejidad de ésta (figura 3-III).

La presencia de agua en el suelo (riego) determina un incremento de la complejidad faunística (diversidad específica) en todos los estratos analizados. Al igual que para la densidad, la capa superficial tiene un comportamiento diferencial manteniendo un alto grado de complejidad durante todo nuestro período de experimentación. Cabrían aquí las mismas explicaciones dadas anteriormente. En cambio, en capas más profundas disminuye la complejidad después del incremento inicial, aun cuando tiende a mantenerse ligeramente superior a los niveles iniciales. Su fuerte caída en las capas inferiores en el día 9 (nueve días después del riego) puede tener su explicación en una acción selectiva del desecamiento, la que afectaría fundamentalmente a los elementos menos xerófilos existentes en ella, determinando una caída brusca de la va-

riedad específica. El posterior incremento de la complejidad se explicaría por el desarrollo normal de los elementos xerófilos típicos de esos estratos (figura 3-III).

Con el análisis particular de un grupo cue-

dáfico (*Protura*) se confirma lo anteriormente expuesto, a la vez que se demuestra específicamente el efecto del agua sobre un grupo de organismos (figura 4).

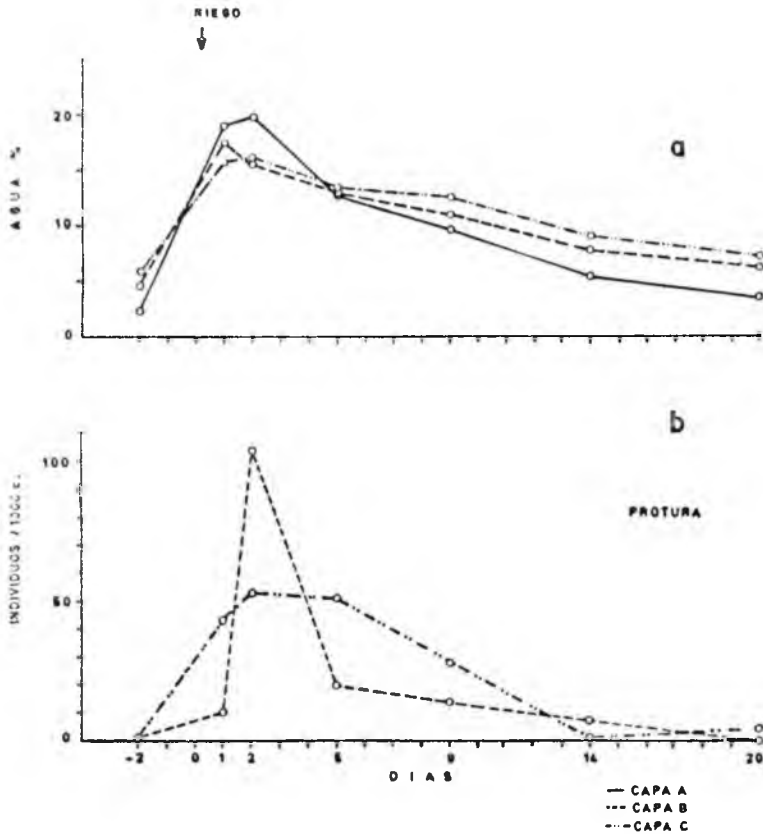


FIGURA 4

RELACIONES ENTRE AGUA DEL SUELO (%) Y DENSIDAD DE *PROTURA*

Relationship between soil moisture (%) and density of Protura.

Analizando la situación de *Protura* (figura 4) queda confirmada su condición de cuedáfico, al no ser detectado en los primeros centímetros de suelo. Su comportamiento respecto al contenido de agua del suelo lleva a pensar en dos factores como explicación: por una parte, la activación de estados anabióticos o latentes y, por otra, la existencia de migraciones verticales. El primer factor se demostraría por el incremento de densidad en forma casi inmediata al riego (figura 4), y el segundo por el hecho de que aparecen cronológicamente, primero, altas densidades en profundidad en

la capa C, invirtiéndose al día siguiente (migración hacia la superficie) para, al final del período de estudio, recuperar prácticamente las condiciones iniciales. Para mantener este planteamiento se asume que la mayor parte de la población de *Protura* se encuentra a profundidades superiores a los 30 cm, donde los contenidos de agua son mayores (figura 4-a) y el resto posiblemente en estado de latencia, especialmente en la capa C (15-30 cm). Conocidos los grupos zoológicos comprometidos en este análisis, sus características biológicas y sus mecanismos de dispersión, descartamos

el aporte de fauna por el agua de riego en esta investigación. Su decremento notorio al noveno día después del riego, corroboraría la explicación dada anteriormente sobre la disminución de la complejidad faunística en esa misma fecha (figura 3-III).

CONCLUSIONES

Del análisis anterior queda claro que el riego tiene fuerte efecto modificador de las estructuras térmica, hídrica y biológica del suelo. Por lo tanto, cualquier práctica de riego que prolongue el período de inundación, someterá a la fauna a situaciones asfícticas y

migraciones irreversibles; igualmente, si se distancia en forma excesiva la frecuencia de riego, se someterá a la fauna a fuertes desniveles hídricos, aumentará la compacidad del suelo (incrementada aún más por pastoreo) y permitirá que los niveles de agua se hagan críticos (punto de marchitez).

Esta situación es la que ha provocado que la composición mesofaunística de los terrenos cultivados en Chile central difiera fundamentalmente de la de terrenos naturales propios de la zona, influyendo negativamente en su fertilidad (di Castri, 1963, Sáiz y di Castri, 1971).

RESUMEN

En un terreno de la zona central de Chile habitualmente sometido a riego por tendido, se realizó un estudio experimental a fin de evaluar el efecto que este tipo de riego tiene sobre microclima y mesofauna del suelo. Se realizaron observaciones microclimáticas antes, durante y después del riego y se analizó particularmente temperatura y contenido de agua del suelo. Simultáneamente, en los tres estratos (A=0-5 cm; B=5-15 cm; C=15-30 cm), se tomaron muestras de suelo a los cuales se extrajo la mesofauna; ésta se caracterizó a través de densidad y diversidad.

El aumento de la cantidad de agua por el riego produce un incremento general de la densidad de la fauna en todas las capas consideradas; pasado este efecto del riego, se observa una diferencia de comportamiento de la fauna en superficie y en profundidad. La presencia del agua produce un incremento de la complejidad faunística en todos los estratos. A pesar del decremento del contenido hídrico de las primeras capas del suelo, tiende a mantenerse una alta densidad y diversidad de la fauna. Se analiza la situación a nivel de un grupo cuedáfico, *Protura*. Del análisis queda claro que el riego tiene un fuerte efecto modificador de las estructuras térmica, hídrica y biológica del suelo. A base de los resultados discutidos se hacen consideraciones sobre frecuencia e intensidad del riego recomendables.

LITERATURA CITADA

CASTRI F. di., 1963. Estado biológico de los suelos naturales y cultivados de Chile central. Bol. Prod. anim. 1 (2): 102-112.

COVARRUBIAS R. y F. SÁIZ, 1971. Sobre algunas condiciones de la extracción de fauna edáfica mediante embudos de Berlese-Tullgren. Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Chile 32:49-66.

FRIETSCHEN L. J. y P. R. NIXON, 1967. Microclima-te before and after irrigation. En: Ground Level Climatology. AAAS Publ. 86. Washington.

GEIGER R., 1961. Das Klima der bodennahen Luftschicht. Vieweg. Braunschweig. (4ª ed.).

IBEN-CORFO, 1964. Suelos. Programa aerofotogramétrico. Instituto de Investigación de Recursos Naturales CORFO. OEA-BID. Santiago.

SÁIZ F. & F. DI CASTRI, 1971. La fauna de terrenos naturales e intervenidos en la región valdiviana de Chile. Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Chile 32:5-16.

SHANNON C. E. & W. WEAVER, 1949. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press. Urbana.