

LA TEMPERATURA DEL SUELO¹

Soil temperature

Sergio Villaseca C.²

SUMMARY

The temperature of an alluvial mollisol and five volcanic soils (andisols), at different depths, were analysed. Records of the agrometeorological stations located at La Platina Experiment Station (Santiago), Human Experiment Station (Los Angeles), Faculty of Agronomy of University of Concepción (Chillán), Carillanca Experiment Station (Temuco), and Remehue Experiment Station (Osorno), were used.

The data collected permitted to make an analysis of the soil annual mean temperatures and the air annual mean temperatures, as latitude and soil depth increases. Also, fluctuations of daily and seasonal temperatures at the depths of 10 and 50 cm, were compared with air mean temperature.

Fluctuations of soil temperatures due to changes in meteorological conditions were studied, in relation to daily solar radiation, rain, and evaporation, during an eight days period.

The effect of seasonal fluctuations of soil temperatures, their mean temperature gradients in winter and summer, and annual mean temperatures were studied, in relation to depth.

With annual mean temperatures, summer and winter mean temperatures at a depth of 50 cm and the difference in mean temperatures between summer and winter, the temperature regimes of the different soils studied were established. This resulted in one soil (mollisol) having a thermic regime and four soils (andisols), a mesic regime.

INTRODUCCION

La temperatura de un suelo es una de sus propiedades más importantes ya que, entre ciertos límites, controla las posibilidades para la germinación de las semillas, el crecimiento de las raíces, la formación del suelo, el intercambio de energía suelo-aire y la evaporación de la humedad.

Los procesos biológicos del suelo son controlados, en gran medida, por la temperatura de éste y por su humedad, siendo un hecho conocido que cada especie vegetal tiene sus propios requerimientos de temperatura. En la Antártida, por ejemplo, existe una planta que crece sólo con temperaturas bajo 7°C, temperatura a la cual la mayoría de las otras especies están inactivas. En el otro extremo, la germinación de las semillas de

muchas plantas tropicales requieren de una temperatura del suelo de 24°C o más. De igual manera, la fauna del suelo tiene requerimientos de temperatura bien definidos para su sobrevivencia. La temperatura, en consecuencia, tiene influencias importantes en los procesos biológicos, químicos y físicos que ocurren en el suelo (USDA, 1975).

La temperatura de un suelo varía de un horizonte a otro. Cerca de la superficie, fluctúa con las horas del día y con las estaciones del año. Las fluctuaciones pueden ser muy pequeñas o muy grandes, según el medio ambiente; por esta razón, las raíces de la mayoría de las plantas morirían si estuviesen expuestas a las mismas variaciones y prolongaciones de las temperaturas que ocurren cerca de la superficie del suelo (Nielsen y Kenneth, 1974).

Cada pedón tiene un régimen de temperatura característico, que puede ser medido y descrito. Para muchos propósitos, el régimen de temperatura puede ser definido por la temperatura media anual del suelo, las fluctuaciones estacionales de esa media y la gradiente de la temperatura del suelo, en la estación fría o cálida, dentro de la zona radicular principal, o sea, a profundidades entre 5 y 100 cm.

¹Recepción de originales: 22 de agosto de 1989.

Trabajo presentado en V Simposio Nacional de la Ciencia del Suelo, Universidad Católica de Valparaíso, 1987.

²Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó con la información recopilada a través de 10 o más años, de las temperaturas del suelo registradas en las estaciones agrometeorológicas de las Estaciones Experimentales del INIA: La Platina (Santiago), Humán (Los Angeles), Carillanca (Temuco), Remehue (Osorno) y de la Escuela de Agronomía de la Universidad de Concepción (Chillán).

Para cada una de estas estaciones, se analizó los datos registrados con geotermómetros localizados a 10, 20, 50 y 100 cm de profundidad y la información de temperatura media del aire, inferida de termómetros de máxima y mínima, ubicados en el cobertizo meteorológico a 1,5 m de altura.

Cada estación agrometeorológica está ubicada en un suelo bien definido: La Platina en un Mollisol del Complejo Aluvial Santiago más Maipo (AGROLOG, 1981); la Escuela de Agronomía de la U. de Concepción, en la Serie Arrayán (Sergio Alcayaga C., AGROLOG Ltda., comunicación personal); Humán, en la Serie Arrayán; Carillanca, en la Serie Vilcún y Remehue, en la Serie Osorno (INIA- MINAGRI, 1985), estos cuatro últimos, andisoles.

RESULTADOS Y DISCUSION

Algunas mediciones de la temperatura media anual del suelo aparecen en el Cuadro 1.

En el Cuadro 1, se aprecia en primer lugar, como disminuyen las temperaturas del suelo y medias anuales del aire al aumentar la latitud (en general), en segundo término, la escasa diferencia existente entre las temperaturas a 50 cm y 100 cm de profundidad.

CUADRO 1. Temperaturas medias anuales a diversas profundidades, en suelos de las localidades seleccionadas

TABLE 1. Annual mean temperatures at different depths, in the soils of the selected sites

Profundidad (cm)	Suelo				
	Santiago + Maipo Santiago °C	Arrayán Chillán °C	Arrayán Los Angeles °C	Vilcún Temuco °C	Osorno Osorno °C
10	18,1	14,6	14,0	12,5	12,6
20	17,4	14,9	14,2	12,3	11,6
50	17,5	15,3	14,2	12,7	12,5
100	17,5	14,8	14,0	12,5	12,5
Temperatura media anual aire a 1,5 m	13,9	13,1	12,5	10,0	11,4
Registros Temperatura Suelo (años)	20	15	27	16	10
Latitud (sur)	33° 34'	36° 34'	37° 28'	38° 41'	40° 35'

La temperatura media anual de un suelo consiste en un promedio de una serie de lecturas. Cerca de la superficie, las lecturas fluctúan alrededor de la media, tanto o más que las temperaturas del aire, especialmente si no existe una cubierta aislante. Las fluctuaciones ocurren diariamente y también en ciclos anuales, los cuales en muchos lugares son algo irregular, debido a fenómenos atmosféricos. Las fluctuaciones disminuyen al aumentar la profundidad en que los aportes calóricos (sol y magma) se equilibran con pérdidas y, por último, se amortiguan en el substratum, zona en que la temperatura es constante y equivalente a la temperatura media anual del suelo (USDA, 1975). En las figuras 1, 2 y 8 se aprecia la relación existente entre la temperatura media anual del aire y la temperatura del suelo a 10 cm y 50 cm

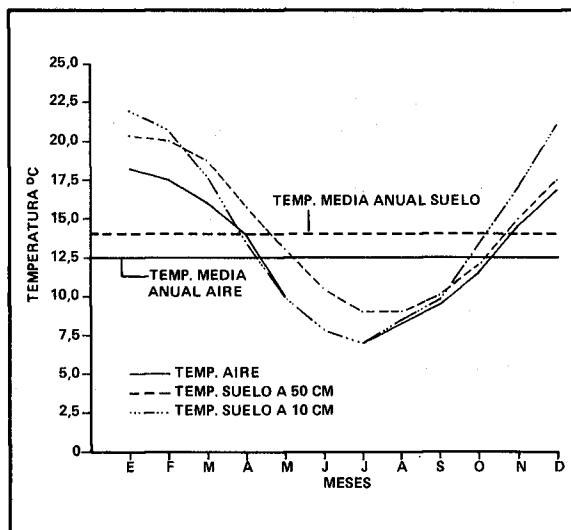


FIGURA 1. Temperaturas medias mensuales y anuales del suelo y del aire para el suelo Arrayán, Los Angeles.

FIGURE 1. Monthly and annually mean temperatures of soil and air of Arrayán soil, Los Angeles.

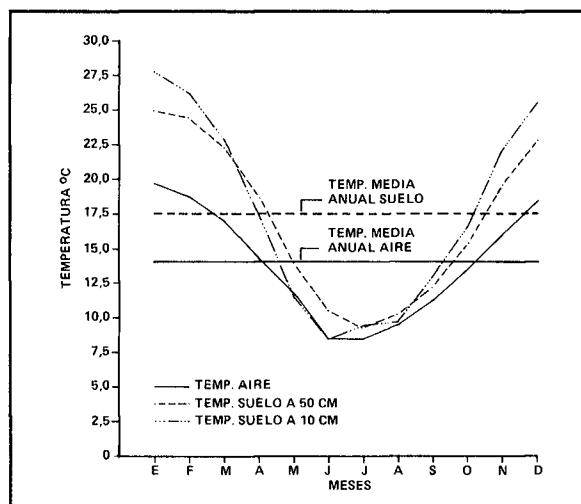


FIGURA 2. Temperaturas medias mensuales y anuales del suelo y del aire para el complejo aluvial Santiago + Maipo (Santiago).

FIGURE 2. Monthly and annually mean temperatures of soil and air of an alluvial mollisol Santiago + Maipo (Santiago).

de profundidad en el suelo Arrayán (Andisol), en el Complejo Aluvial Santiago + Maipo (Mollisol) y en el suelo Osorno (Andisol). En el Andisol, esta relación es más estrecha, comparada con el suelo aluvial, en que se observa una mayor amplitud. Estas diferencias están asociadas posiblemente a regímenes hídricos muy diferentes. En Santiago, casi no hay lluvias de verano o primavera; en cambio éstas son más frecuentes en Los Angeles. Así, un suelo húmedo gasta más energía en evaporar agua que en calentar aire.

En dichas figuras, también se observa una característica común, cual es que a 10 cm de profundidad el suelo se enfría rápidamente en otoño, hasta llegar a los meses de invierno con una temperatura más baja que la temperatura media del aire, para posteriormente calentarse rápidamente en primavera. A 50 cm, en cambio, todo este proceso es más gradual, enfriándose hasta coincidir con la temperatura del aire, a fines de invierno, para luego gradualmente comenzar, a calentarse, en primavera. Este proceso en el Mollisol es más rápido que en los andisoles, en que es mucho más lento.

Las variaciones diarias de temperatura que experimentan los horizontes del suelo hasta una profundidad aproximada de 50 cm, tienen un significativo efecto en el calentamiento del aire. En las figuras 3 y 4, se han representado, tanto para un suelo de origen volcánico como para uno aluvial, las temperaturas diarias del suelo a 10 cm y 50 cm de profundidad y las temperaturas del aire, en un período de 8 días durante la primavera del año 1980, con luz solar variable. En ellas se aprecia que las fluctuaciones diarias de la temperatura media del aire está muy relacionada con la temperatura del

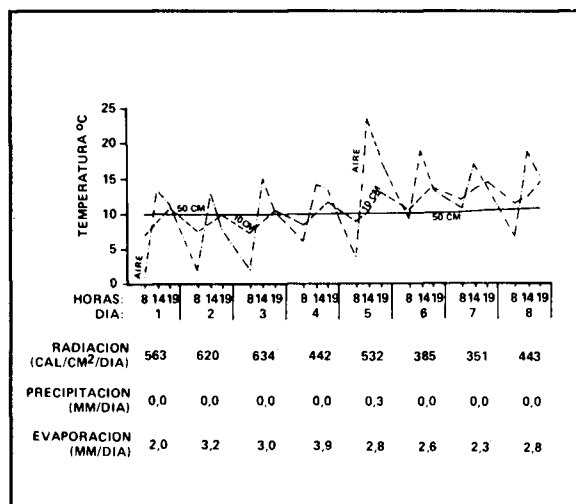


FIGURA 3. Temperatura del suelo, temperatura del aire, radiación solar, precipitación y evaporación de bandeja diarias en el suelo Vilcún. Octubre 1980.

FIGURE 3. Soil and air temperatures, solar radiation, daily rainfall and pan evaporation during a spring period in the Vilcun soil. October 1980.

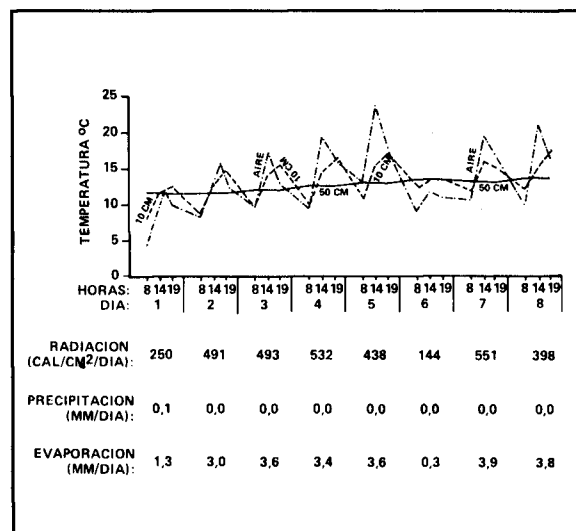


FIGURA 4. Temperatura del suelo, temperatura del aire, radiación solar, precipitación y evaporación de bandeja diarias en el complejo aluvial Santiago + Maipo. Octubre 1980.

FIGURE 4. Soil and air temperatures, solar radiation, daily rainfall and pan evaporation during a spring period in the alluvial soil Santiago + Maipo. October 1980.

suelo a 10 cm de profundidad. En cambio, la temperatura del suelo a 50 cm de profundidad aumentó 0,5°C en el suelo Vilcún y 1,0°C en el suelo Santiago + Maipo. Esto demuestra que las fluctuaciones diarias de temperatura ocurren en los primeros centímetros del suelo, no existiendo variaciones diarias de temperatura a la profundidad de 50 cm o más.

Las lluvias frías o cálidas pueden producir rápidos y marcados cambios en la temperatura de los horizontes superficiales, lo cual es parte de la influencia que ejerce el tiempo. El efecto de la lluvia se debe esencialmente a una disminución de la radiación solar provocada por las nubes y el gran consumo de energía que produce la evaporación del agua desde el suelo húmedo. Mientras permanezca húmeda la superficie del suelo, se usa aproximadamente un 30 a 50% de la radiación solar incidente, en evaporar esa agua superficial (valores calculados de los datos de radiación solar y evaporación consignados en la Figura 3).

En un suelo dado, próximo a su superficie, ocurre la mayor amplitud de fluctuación térmica, puesto que todos los intercambios de calor y radiación entre el suelo y la atmósfera se realizan en dicha superficie. En las figuras 5, 6 y 7, se presenta las temperaturas medias del suelo en invierno y verano y la temperatura media anual del mismo, en función de la profundidad, junto con las temperaturas medias del aire, para los suelos Arrayán, Complejo Santiago + Maipo y Vilcún.

En estas figuras, si no se considera los primeros 10 cm, se observa que las temperaturas medias del suelo en cada estación, varían casi linealmente con la profundidad y tienden a juntarse. Además, las gradientes de temperaturas son muy similares entre estos suelos, lo cual es característico en suelos de latitudes medias. Sólo varía la diferencia de temperaturas entre verano e invierno, que es mayor a medida que la latitud disminuye; en cambio, a medida que aumenta la latitud, esta diferencia es cada vez menor y se aproxima a la gradiente de la temperatura media anual del suelo.

Con la información utilizada en la elaboración de las figuras 1 a 8 se confeccionó el Cuadro 2, con el fin de definir el régimen de temperatura de cada uno de los suelos estudiados. En general, esta clasificación concuerda con el estudio de Van Wambeke y Luzio (1982), aun cuando estos autores ubican el régimen térmico hasta la latitud 38° S, en circunstancias que el suelo Arrayán (Los Angeles) tiene un régimen mésico, de acuerdo con los datos de dicho cuadro.

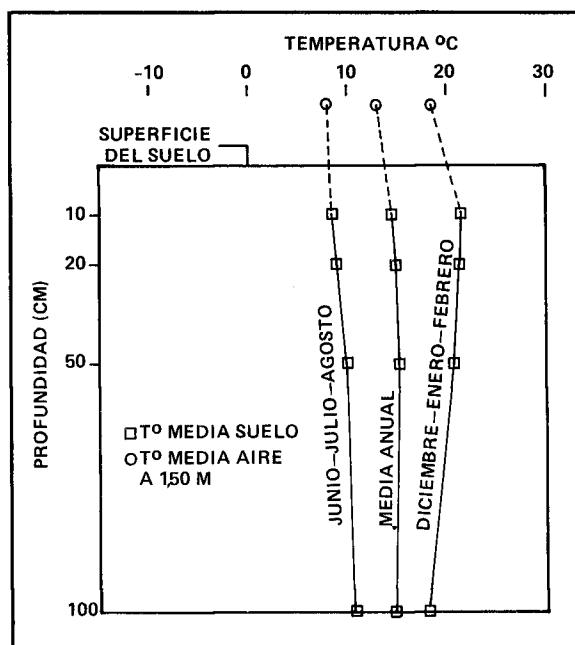


FIGURA 5. Gradientes de temperatura del suelo y temperatura del aire para invierno y verano y temperaturas medias anuales del aire para el suelo Arrayán, Chillán. Lat. 36° 34' S. Elevación: 144 m.

FIGURE 5. Gradients of soil and air temperatures during winter and summer, and annual mean air temperatures, for the Arrayán soil. Lat. 36° 34' S. Elevation: 144 m.

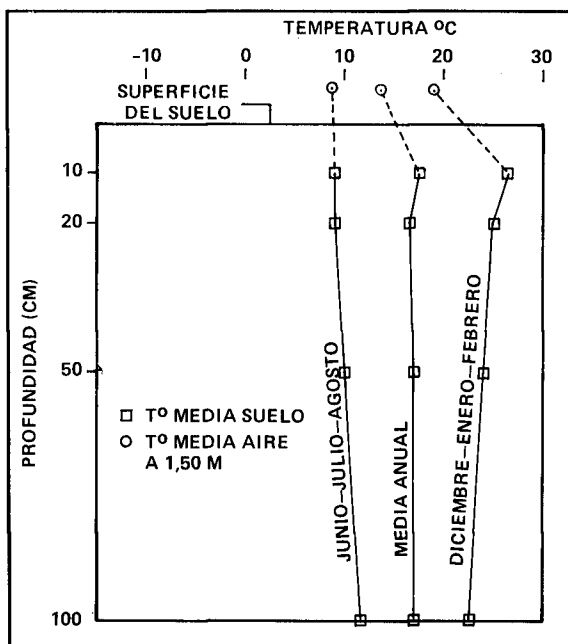


FIGURE 6. Gradients of soil and air temperatures during winter and summer, and annual mean air temperatures, for the alluvial soil Santiago + Maipo. Lat. 33° 34' S. Elevación: 625 m.

FIGURE 6. Gradients of soil and air temperatures during winter and summer, and annual mean air temperatures, for the alluvial soil Santiago + Maipo. Lat. 33° 34' S. Elevation: 625 m.

CUADRO 2. Clasificación de los regímenes de temperatura de un suelo mollisol aluvial y de cinco andisoles
TABLE 2. Classification of the temperature regime of an alluvial mollisol and five andisols

Suelo	t° media anual del suelo °C	t° media verano 50 cm profundidad °C	t° media invierno 50 cm profundidad °C	Diferencia verano-invierno °C	Regimen de t°
Arrayán (Andisol) (Chillán)	14,9	20,8	10,0	10,8	Mésico
Arrayán (Andisol) (Los Angeles)	14,0	19,3	9,5	9,8	Mésico
Vilcún (Andisol)	12,5	16,8	8,5	8,3	Mésico
Osorno (Andisol)	12,3	16,7	8,3	8,4	Mésico
Santiago + Maipo (Mollisol)	17,1	24,0	10,0	14,0	Térmico

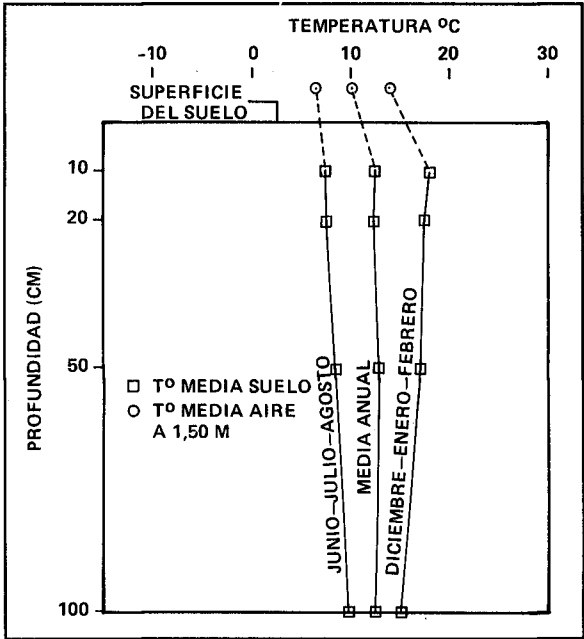


FIGURA 7. Gradientes de temperatura del suelo y temperatura del aire para invierno y verano y temperaturas medias anuales para el suelo Vilcún, Temuco. Lat. 38° 41' S. Elevación: 200 m.

FIGURE 7. Gradients of soil and air temperatures during winter and summer, and annual mean air temperatures, for the Vilcún soil, Temuco. Lat. 38° 41' S. Elevation: 200 m.

CONCLUSIONES

Las temperaturas de los suelos chilenos disminuyen al aumentar la latitud. Las fluctuaciones diarias y estacionales de las temperaturas del aire y de los primeros horizontes del suelo, son más marcadas; en cambio, a una profundidad mayor de 50 cm, no existen fluctuaciones diarias y las variaciones estacionales son graduales.

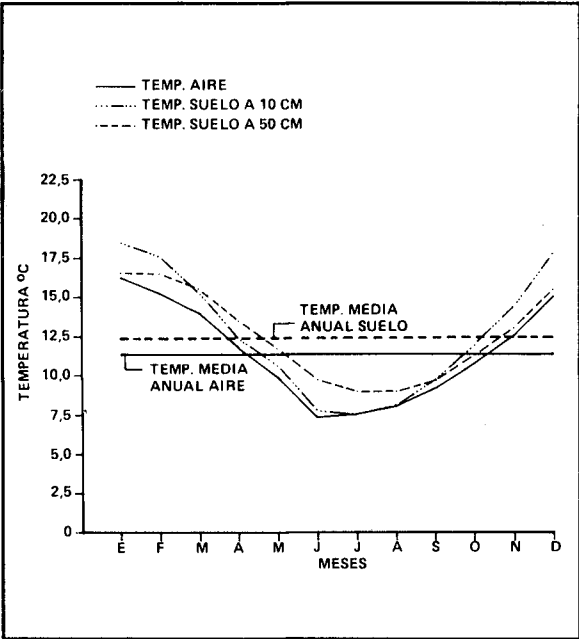


FIGURA 8. Temperaturas medias mensuales y anuales del suelo y del aire, para el suelo Osorno (Osorno).

FIGURE 8. Monthly and annually mean temperatures of the soil and air, for the Osorno soil (Osorno).

Las gradientes de temperaturas de los diferentes suelos en las latitudes medias, son muy similares; sólo varía la diferencia de temperaturas entre invierno y verano, que es mayor a medida que la latitud disminuye.

Los suelos Arrayán (Chillán), Arrayán (Los Angeles), Vilcún y Osorno, tienen un régimen de temperatura mésico; en cambio, el Complejo Santiago + Maipo, tiene un régimen térmico.

RESUMEN

Se analizó las temperaturas de un Mollisol aluvial y de 5 Andisoles de origen volcánico, a diferentes profundidades. Para ello se utilizó los registros de las estaciones agrometeorológicas de La Platina (Santiago), Humán (Los Angeles), Escuela de Agronomía de la U. de Concepción (Chillán), Carillanca (Temuco) y Remehue (Osorno).

La información recopilada permitió hacer un análisis de la temperatura media anual del suelo y de la temperatura media anual del aire, al aumentar la latitud y la profundidad del suelo. Asimismo, se comparó las fluctuaciones de temperaturas diarias y estacionales a 10 cm y 50 cm de profundidad, con la temperatura media del aire.

Las fluctuaciones de temperaturas del suelo, debidas a cambios en las condiciones meteorológicas, fueron estudiadas en relación a radiación solar, precipitación y evaporación diarias, en un período de 8 días.

Para estudiar el efecto de las fluctuaciones estacionales de las temperaturas del suelo se consideró los gradientes de temperaturas medias de los suelos en invierno, verano y media anual, en función de la profundidad.

Con la información de temperatura media anual, temperaturas medias de verano y de invierno, a 50 cm de profundidad, y la diferencia entre las medias entre verano e invierno, se clasificó los regímenes de temperaturas de los diferentes suelos estudiados. La clasificación resultó en un suelo con régimen térmico (Mollisol) y cuatro con régimen mésico (Andisoles).

LITERATURA CITADA

AGROLOG CHILE LTDA. 1981. Estudio de Suelos del Proyecto Maipo. Comisión Nacional de Riego. Láminas 2 y 4.

INIA-MINAGRI. 1985. Suelos Volcánicos de Chile. Mapas Geológicos y Carta de Suelos.

NIELSEN, KENNETH F. 1974. The Plant Root and Its Environment. E.W. Carson (ed.). University Press of Virginia. Charlottesville p.: 293-322.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1975. Soil Taxonomy. Soil Conservation Service. Agriculture Handbook N° 436. 754 p.

VAN WAMBEKE, ARMAND y LUZIO L., WALTER. 1982. Determinación de los regímenes de humedad y temperatura para los suelos de Chile. Agricultura Técnica (Chile) 42 (2): 149-159.