

ENFRIAMIENTO PASIVO EN CONTACTO CON LA TIERRA

PATRICIA MOSCONI*

Centro de Estudios Bioambientales (CEB)
Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño UNR
Ríobamba 250 bis
2000 - Rosario

Resúmen:

El enfriamiento pasivo en contacto con la tierra es una de las posibles estrategias para "promover pérdidas" o "enfriar" con el fin de lograr el acondicionamiento pasivo en período estival.

Sin embargo, mucho se ha planteado sobre las ventajas de cada estrategia, pero poco se ha avanzado sobre la definición de las características particulares de la tierra en los distintos climas.

Para clarificar este problema, se ha estudiado la transmisión de calor en la tierra en función de variables tales como: conductividad térmica, humedad relativa, temperatura, densidad, las cuales afectan directamente a la difusividad y a la velocidad de propagación de la onda de calor.

La determinación del tipo de suelo en la microrregión templado-húmeda, como suelos de pradera, con la definición de sus elementos constitutivos, es la primera instancia a tener en cuenta para luego verificar la incidencia relativa de todas las variables mencionadas con el objeto de evaluar su comportamiento térmico.

Al clarificar las variables, se visualiza que la temperatura del suelo depende: de si éste está congelado o no. A mayores incrementos de humedad, mayores valores de conductividad térmica. La densidad seca también afecta la conductividad de los suelos; por cada 16 Kg/m³, la misma variará en un 3%. La definición de estos valores, en forma estimativa, permite

manejar a la tierra como masa térmica con gran retardo, preferentemente en base diaria y periódica.

Además se han realizado mediciones a distintas profundidades de la tierra de la microrregión. Todo ello, permite avanzar en estudios posteriores, para la posible utilización de la tierra como "poza de calor", quizás únicamente por medio de tubos enterrados o intercambiadores tierra-aire.

Introducción:

La estrategia de enfriamiento en la tierra un elemento natural que dadas sus características higrotérmicas puede considerarse como una herramienta de diseño desde el punto de vista de su potencial o capacidad de enfriamiento de los espacios habitables.

El estudio realizado aquí dista mucho de la propuesta sumamente difundida de las viviendas enterradas, ya que ésta, más allá de proponer una solución al problema de las cargas térmicas estivales, amplía el margen de consideraciones técnicas a resolver. Además nuestra idiosincracia es la de construir sobre el nivel del terreno.

COMPORTAMIENTO DE LA MASA TÉRMICA:

la tierra

El enfriamiento en contacto con la tierra, es una estrategia de "promover pérdidas" o "enfriar" que requiere previamente el estudio de las características de la misma.

Los suelos pueden ser clasificados en: húmedos, semihúmedos y secos. Cada uno de ellos ofrece particulari

* Becaria de Iniciación a la Investigación - CONICET -
Director: Arq. Elio R. Di Bernardo

dades, las cuales deben reconocerse para actuar y manejarlos como "poza de calor". Para clarificar este problema, se han tratado de definir las condiciones de los suelos en los climas templado-húmedos.

Pueden denominarse suelos de pradera, con un elevado contenido de materia orgánica, siendo su composición básica limos y arcillas. (Fig. 1).

ELEMENTOS CONSTITUTIVOS	PROFUNDIDAD (cm)		
	0-25	30-40	45-75
Arena fina	41.09 %	42.9 %	32 %
Limo	30.8	32.6	31.4
Arcilla	23.3	23.9	35.7
Capacidad hídrica %	25.1	27.3	35.5

Fig. 1. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LOS SUELOS DE PRADERA (%)

En general los suelos de pradera constituyen un grupo de transición entre los pedalféricos (suelos con lavado intenso) y los pedocálcicos (suelos con lavado reducido) porque si bien evolucionan en un clima más bien húmedo, el lavado sufrido por el suelo resulta compensado por el espeso manto de vegetación herbácea. Bajo estas condiciones, el suelo no es tan pobre, ni la sílice, ni el hierro alúmina son lavados; el contenido de materia orgánica es alto. Los suelos de pradera pueden ser negros o rojizos, de acuerdo al clima que se desarrollan.

Los suelos de pradera negros se desarrollan en aquellos climas donde, a no ser por la ingerencia de otros factores, la cantidad de precipitación es todavía suficiente para producir, en el perfil del suelo, el lavado completo de las sales solubles y de los carbonatos.

Su perfil característico está constituido por un horizonte superior de color oscuro, rico en materia orgánica, otro intermedio frecuentemente de color café, y el material madre, de color pardo, aquí representado casi exclusivamente por el loess y los limos pampeanos. En nuestro país estos suelos comprenden aproximadamente las 2/3 parte de la provincia de Buenos Aires (centro, este y norte) y Santa Fe (sur y centro).

Para evaluar la transmisión de calor de la tierra, se debe determinar la conductividad térmica (kcal/m/hm²C) de la misma. La conductividad

térmica de la tierra variará con la densidad, la temperatura media del suelo, y el contenido de humedad.

Se procederán a analizar las distintas variables intervinientes:

COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO DE LA TIERRA

EFFECTO DE LA TEMPERATURA

La temperatura del suelo depende de si el mismo está sujeto o no al congelamiento. O sea, que el contenido de humedad es también factor determinante de la conductividad térmica. Para incrementos del contenido de humedad del orden del 6 al 12%, la conductividad de los suelos congelados es progresivamente mayor que en el caso del suelo no congelado.

Restaría comprobar si la regresión de las variables es lineal. (Fig. 2)

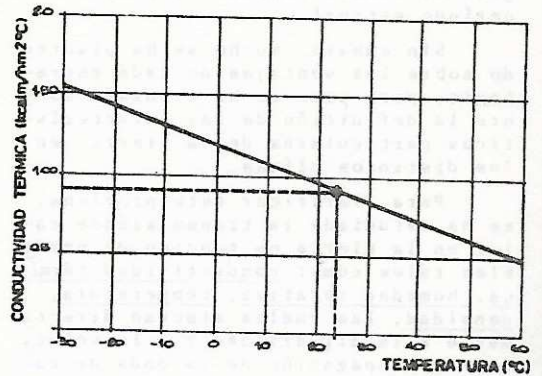


Fig. 2.

EFFECTO DE DENSIDAD

La densidad seca afecta la conductividad térmica de los suelos de la misma manera para todo tipo de suelos, con cualquier contenido de humedad y para cualquier condición de temperatura (suelo congelado o no).

Si la densidad de la tierra incrementara de 1500 kg/m³. a 1600 kg/m³., lo cual puede lograrse con un aumento de su contenido de humedad, la conductividad variará en un 18%.

(Fig. 3).

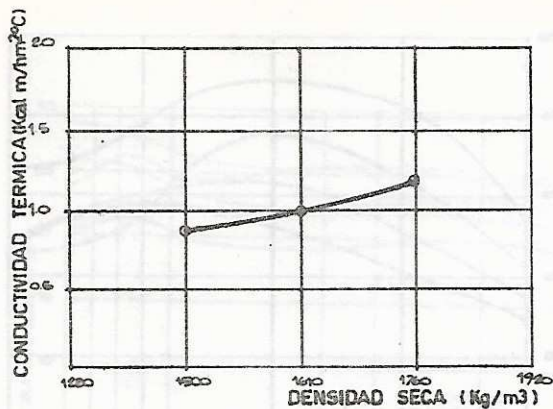


Fig. 3.

EFFECTO DE HUMEDAD

Un aumento en el contenido de humedad, hasta el punto de saturación, origina un incremento en la conductividad térmica.

En experimentos realizados en EEUU., con densidades del orden de 1600 kg/m³., dieron conductividades térmicas de 0.8 kcal/m/hm²C°, con un contenido de humedad del 10% y de 1.18 kcal/m/hm²C., con un 20%. Es decir, que al duplicar el contenido de humedad, la conductividad aumenta en un 30-40%.

A mayores porcentajes de humedad, el porcentaje de incremento de la conductividad decrece, por lo tanto, en muestras de elevadas densidades secas las conductividades térmicas serán mayores, pero los porcentajes de humedad serán mínimos ya que rápidamente se alcanza el grado de saturación. (Fig. 4).

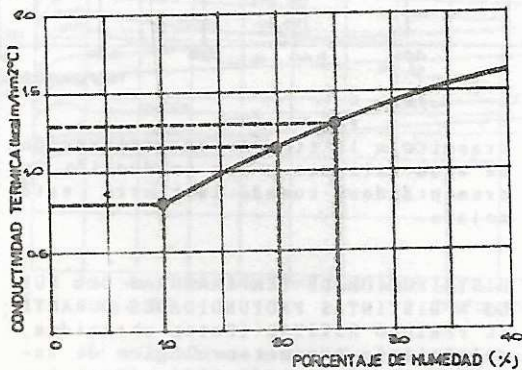


Fig. 4.

RELACION CALOR ESPECIFICO/TEMPERATURA

Se han realizado distintos tests

en doce suelos en EEUU., (1) para determinar el calor específico de los mismos. En cinco de los suelos, los tests fueron realizados a 3 o 4 temperaturas promedio variando entre -17.7°C y 60°C.

Los valores de calor específico de los doce suelos variaron en una pequeña proporción, mientras que el promedio fue de 0.19 kcal/kgC° a 60°C. Los valores de calor específico de los suelos disminuyen con la temperatura.

Los valores entre -17.7°C y 60°C, pueden estimarse gráficamente al tratarse de una variación lineal.

En nuestro caso, 20°C y 25°C en período estival, siendo el calor específico obtenido de 0.175 kcal/kgC° aproximadamente. (Fig. 5).

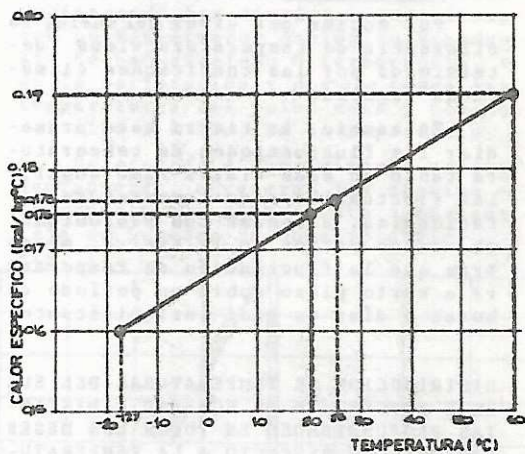


Fig. 5.

Según el Profesor Baruch Givoni (2) el calor específico de la tierra sería aproximadamente de 0.22 kcal/kgC°. Este valor se daría para el caso de un suelo con un peso específico de 1800 kg/m³.

A continuación se presenta el gráfico planteado por ASHRAE, (3) donde todas las variables están actuando en forma interdependiente (tipo de sue-

(1) Engineering Experiment Station, University of Minnesota.

(2) Man, Climate and Architecture

(3) Heating, Ventilating, Air Conditioning, Guide 1960.

lo arcilloso) para obtener las conductividades térmicas. (Fig. 6).

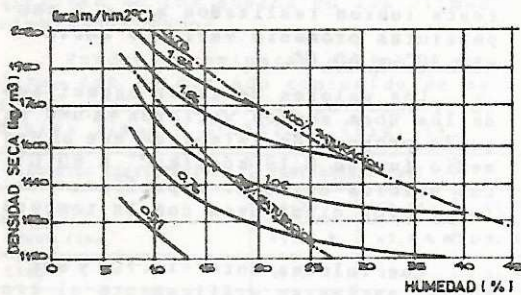


Fig. 6.

CARACTERISTICAS HIGROTÉRMICAS DE LA TIERRA

Por encima del nivel del suelo, la diferencia de temperatura viene determinada por las condiciones climáticas locales.

En cambio, la tierra hace promediar las fluctuaciones de temperatura tanto en base diaria como anual. Las fluctuaciones de temperatura estacionales, alcanzan una profundidad de varios metros en la tierra, mientras que la fluctuación de temperatura a corto plazo sobre un período de horas o días es casi insignificante.

DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DEL SUELO Y PORCENTAJE DE HUMEDAD A DISTINTAS PROFUNDIDADES EN TODOS LOS MESES CALIDOS CON RESPECTO A LA TEMPERATURA MAXIMA MEDIA DEL AIRE. (Datos obtenidos del Boletín agrometeorológico de la Facultad de Ciencias Agrarias-Zavalla) Período 1982/83. (Figs. 7 y 8).

Las fluctuaciones a corto plazo, o sea la oscilación diaria, queda esencialmente eliminada por debajo de 0.20 m. A mayores temperaturas, las temperaturas del suelo, sólo responden a los cambios estacionales y llegan con un retardo considerable. El retardo térmico está en función de la difusividad de la tierra y de la velocidad de propagación de la onda térmica.

Según los datos obtenidos del Boletín de Zavalla, la temperatura de la tierra en los meses de verano, está por encima de la media anual, ya que durante el verano el calor se

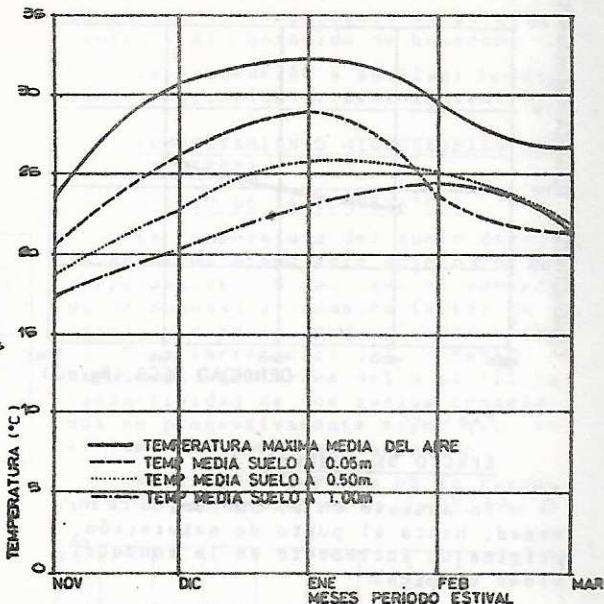


Fig. 7

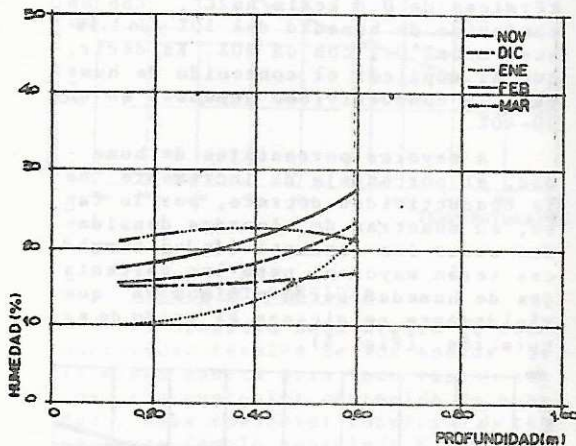


Fig. 8

transmite a la tierra por filtración de agua caliente y por conducción, incrementándose cuando la tierra está mojada.

DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DEL SUELO A DISTINTAS PROFUNDIDADES DURANTE EL PERIODO ESTIVAL (Datos obtenidos del Boletín Agrometeorológico de Zavalla). Período 1982-1983. (Fig. 9).

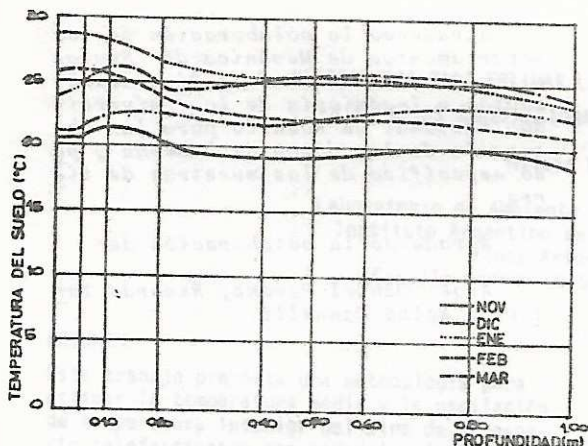


Fig. 9.

Según los datos obtenidos del Boletín de Oliveros, la variación de la temperatura de la tierra a distintas profundidades y en todos los meses del año sería la de la Fig. 10.

DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE SUELO A DISTINTAS PROFUNDIDADES PARA TODO EL AÑO (Datos obtenidos del Boletín Agrometeorológico de Oliveros Nov. 83 - Mayo 84).

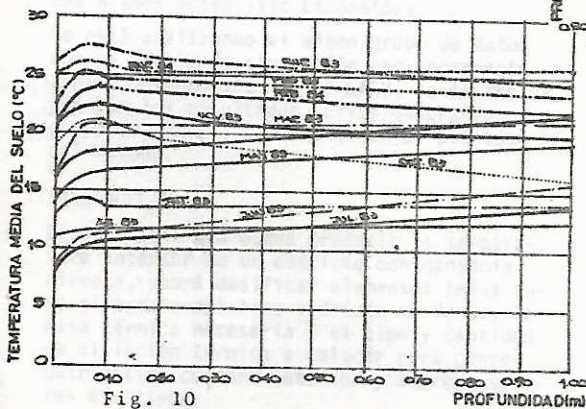


Fig. 10

Se visualiza a través del gráfico que la temperatura media del suelo en los meses de diciembre y enero a 0.50m de profundidad oscilaría en 25.5°C

(valor relativamente alto para considerarlo "per se" como "poza de calor").

Para poder extraer conclusiones más próximas a la realidad, el análisis debiera hacerse sobre un período de como mínimo 5 años para poder inferir reales condiciones.

EXPERIENCIAS REALIZADAS

Se están efectuando mediciones de la temperatura de la tierra a distinta profundidad. Para tal efecto se han realizado dos perforaciones de 10 cms. de diámetro y 1.50 m. de profundidad. En la misma se han dispuesto termocuplas a distinta distancia desde la superficie, siendo las mismas a 0.15m./0.50m./1.00m./1.50m. Se están registrando las distintas mediciones con un Registrador Analógico Rikadenki. Se han acoplado 6 termocuplas, 4 en la perforación y dos que toman las temperaturas del bulbo seco y húmedo del aire a 0.50m. de la superficie.

De acuerdo a las primeras experimentaciones, surgieron las siguientes conclusiones en cuanto a porcentaje de humedad de nuestro suelo. Fig. 11.

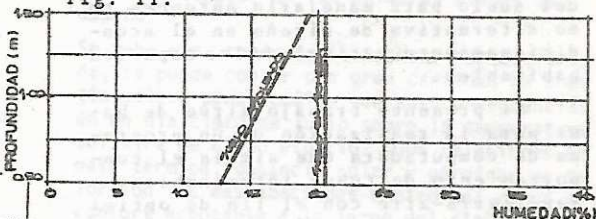


Fig. 11.

La perforación realizada fue efectuada en un área con sombra permanente, de ahí que el porcentaje de humedad sea casi constante a distinta profundidad (aproximadamente un 20%).

En cambio, en otra perforación efectuada con incidencia de la radiación solar se comprobó que el porcentaje de humedad es significativamente menor a medida que se acerca a la superficie de la tierra. Mientras que a igual profundidad que la anterior (1.50m), el porcentaje de humedad es casi constante. Otras muestras obtenidas de otra perforación ha reportado las siguientes conclusiones:

Porcentaje de Humedad (%)	PROFUNDIDAD (cm)						
	0-21	21-42	42-64	64-85	85-100	100-125	125-150
	21.3	20.4	20.8	19.1	22.2	19.8	20.2

Sobre la base de las perforaciones efectuadas se ha verificado el peso específico absoluto (o sea sin partículas de aire) para distintos espesores de tierra a distinta profundidad (entre 0m y 1.50m). El peso específico absoluto de la tierra (no su densidad) oscila entre 2.4 kg/dm^3 y 2.6 kg/dm^3 . La densidad seca es algo inferior puesto que la tierra estaría compacta, con la presencia de las partículas de aire.

Agradezco la colaboración de los Departamentos de Mecánica de Suelos y Vial de la Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería de la Universidad Nacional de Rosario para la obtención de los datos de humedad y peso específico de las muestras de tierra.

Agradezco la colaboración de:

Arqs. Daniel Perone, Ricardo Taritti y Nelba Cannelli.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Se han estudiado las variables intervinientes en la definición de nuestro tipo de suelo, y se han evaluado gráficamente la interrelación entre las mismas. Este análisis ha clarificado las características higrotérmicas de los suelos, como así también se han efectuado mediciones de temperatura, humedad y peso específico de la tierra a distintas profundidades de la microrregión.

Los resultados obtenidos son una primera aproximación en el análisis y determinación de las condiciones del suelo para manejarlo entonces como alternativa de diseño en el acondicionamiento estival de los espacios habitables.

El presente trabajo sirve de base para la realización de un programa de computadora que simula el comportamiento de tubos intercambiadores tierra-aire con el fin de optimizar el intercambio térmico entre el exterior y el interior a través de la tierra. Se pretende obtener el máximo potencial de enfriamiento en función del ajuste de las variables mencionadas con relación a las condiciones del aire (caudal, velocidad, humedad, temperatura, coeficiente de intercambio convectivo, etc.)

Un estudio posterior será comparar los resultados obtenidos a través de la simulación térmico-dinámico en relación a una experiencia con creta.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- La Argentina - SUMA de GEOGRAFIA - Tomo II y IV - Caps. 1. Ed. Peuser.
- Heating. Ventilating Air Conditioning Guide 1960. Cap. 9- Vol. 38.
- Fundamentals Handbook 1977. Cap. 24.