

## SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO PASIVO PARA ZONAS TEMPLADAS HUMEDAS

Carlos Ferreyro#, Elías Rosenfeld, Olga Ravella, Carlos Discoli, J.L. Guerrero\*

IAS, Instituto de Arquitectura Solar.  
Fundación para la Investigación y el Progreso Energético. Calle 526 N° 2005  
esq. 15, 1900 La Plata.

### RESUMEN

Teniendo en cuenta las características climáticas de la zona templada húmeda, aparecen como cursos de acción principales para el acondicionamiento térmico de verano la protección solar y el enfriamiento del edificio.

Se exponen estudios realizados para atender a ambas estrategias: la determinación empírica de la zona de bienestar higrotérmico; la ganancia directa por ventanas con diferentes condiciones y diferentes dispositivos de protección; mediciones de temperatura de suelo y trabajos previstos para implementar un sistema evaporativo indirecto y alternativamente enfriamiento por contacto con la tierra.

### 1. INTRODUCCION

El interés por el desarrollo de los sistemas de enfriamiento pasivo, está fundado, no sólo por el impulso que recibieron en los últimos años los sistemas pasivos como alternativas económicas viables de aprovechamiento de la energía solar, sino porque existen muy pocas alternativas convencionales que estén al alcance de los sectores de ingresos medios o bajos. En nuestra zona templada húmeda reside la mayor concentración de usuarios del país en esas condiciones, a los que deben sustrarse los edificios institucionales.

Las características climático-energéticas de la zona templada húmeda, para el período cálido, fueron expuestas en (1) y (2), destacándose la importancia de la nubosidad, la escasa velocidad de los vientos, así como la predominancia de cuadrantes, la alta humedad relativa, la importancia de controlar la radiación difusa y el aprovechar el sombreado, puesto que se detectó que al exterior y a la sombra se estaba en zona de confort higrotérmico.

# Becario de la CIC.

\* Co-autor de la parte de protección solar.

Revisadas las características de contexto, aparecen dos estrategias a considerar en el diseño:

1. Controlar el flujo de calor desde el exterior hacia el interior del edificio.
2. Enfriar el edificio.

En base a ello, en el prototipo solar experimental de La Plata, se utilizaron sombras, ventilación cruzada y chimenea solar, esta última como sistema pasivo para lapsos de calma. Las características están expuestas en (3). Anteriormente se había realizado un diseño preliminar de enfriamiento en contacto con la tierra, expuesto en (4).

Planteado un estudio sistemático, se realizó una puesta al día del estado del arte en enfriamiento pasivo con el objeto de encuadrar el desarrollo de los trabajos en marcha y detectar alternativas de enfriamiento pasivo a las implementadas, que resultaran factibles a la zona climática dentro de un contorno ulterior de usuarios de bajos ingresos.

Los trabajos realizados tendieron a atender a ambas estrategias y se exponen sistemáticamente a continuación.

### 2. DETERMINACION EMPIRICA DE LA ZONA DE BIENESTAR HIGROTÉRMICO EN LA ZONA

Se realizó en el prototipo de La Plata durante el período comprendido entre el 7 de enero y el 21 de marzo de 1985.

Se volcó día a día en un diagrama psicrométrico la sensación de confort o desconfort de quienes allí trabajaban, fig. 1. El edificio está constituido por una envolvente de alta resistencia térmica y con superficies exteriores claras, lo que amortigua

## SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO PASIVO PARA ZONAS TEMPLADAS HUMEDAS

Carlos Ferreyro#, Elías Rosenfeld, Olga Ravella, Carlos Discoli, J.L. Guerrero\*

IAS, Instituto de Arquitectura Solar.  
Fundación para la Investigación y el Progreso Energético. Calle 526 N° 2005  
esq. 15, 1900 La Plata.

### RESUMEN

Teniendo en cuenta las características climáticas de la zona templada húmeda, aparecen como cursos de acción principales para el acondicionamiento térmico de verano la protección solar y el enfriamiento del edificio.

Se exponen estudios realizados para atender a ambas estrategias: la determinación empírica de la zona de bienestar higrotérmico; la ganancia directa por ventanas con diferentes condiciones y diferentes dispositivos de protección; mediciones de temperatura de suelo y trabajos previstos para implementar un sistema evaporativo indirecto y alternativamente enfriamiento por contacto con la tierra.

### 1. INTRODUCCION

El interés por el desarrollo de los sistemas de enfriamiento pasivo, está fundado, no sólo por el impulso que recibieron en los últimos años los sistemas pasivos como alternativas económicas viables de aprovechamiento de la energía solar, sino porque existen muy pocas alternativas convencionales que estén al alcance de los sectores de ingresos medios o bajos. En nuestra zona templada húmeda reside la mayor concentración de usuarios del país en esas condiciones, a los que deben sustruarse los edificios institucionales.

Las características climático-energéticas de la zona templada húmeda, para el período cálido, fueron expuestas en (1) y (2), destacándose la importancia de la nubosidad, la escasa velocidad de los vientos, así como la predominancia de cuadrantes, la alta humedad relativa, la importancia de controlar la radiación difusa y el aprovechar el sombreado, puesto que se detectó que al exterior y a la sombra se estaba en zona de confort higrotérmico.

# Becario de la CIC.

\* Co-autor de la parte de protección solar.

Revisadas las características de contexto, aparecen dos estrategias a considerar en el diseño:

1. Controlar el flujo de calor desde el exterior hacia el interior del edificio.
2. Enfriar el edificio.

En base a ello, en el prototipo solar experimental de La Plata, se utilizaron sombreros, ventilación cruzada y chimenea solar, esta última como sistema pasivo para lapsos de calma. Las características están expuestas en (3). Anteriormente se había realizado un diseño preliminar de enfriamiento en contacto con la tierra, expuesto en (4).

Planteado un estudio sistemático, se realizó una puesta al día del estado del arte en enfriamiento pasivo con el objeto de encuadrar el desarrollo de los trabajos en marcha y detectar alternativas de enfriamiento pasivo a las implementadas, que resultaran factibles a la zona climática dentro de un contorno ulterior de usuarios de bajos ingresos.

Los trabajos realizados tendieron a atender a ambas estrategias y se exponen sistemáticamente a continuación.

### 2. DETERMINACION EMPIRICA DE LA ZONA DE BIENESTAR HIGROTÉRMICO EN LA ZONA

Se realizó en el prototipo de La Plata durante el período comprendido entre el 7 de enero y el 21 de marzo de 1985.

Se volcó día a día en un diagrama psicrométrico la sensación de confort o desconfort de quienes allí trabajaban, fig. 1. El edificio está constituido por una envolvente de alta resistencia térmica y con superficies exteriores claras, lo que amortigua

la incidencia del flujo de calor hacia el interior. Se utilizó ventilación cruzada y se operaron las protecciones de las aberturas.

La zona de confort así determinada difiere de la propuesta por Givoni para ventilación natural.

Se modifican fundamentalmente los límites de humedad, que, para nuestra zona raramente son inferiores al 50%, creándose situaciones de desconfort a partir de 27 °C y 85% de humedad relativa.

### 3. CONTROL DE LA GANANCIA DIRECTA POR VENTANAS

En la protección solar de las aberturas se deberá tener en cuenta no sólo el control de la radiación directa sino también la difusa, que es elevada debido a la alta nubosidad de la zona. Los dispositivos de oscurecimiento varían en efectividad. Una evaluación de los más comúnmente utilizados en nuestro medio se muestran en las figuras 2 a 7. En todos los casos se ha considerado que el color de la superficie externa de la protección es clara.

Los procedimientos y estudios más detallados pueden encontrarse en (2).

Asimismo deberá tenerse en cuenta que:

- a) La efectividad real de protección de un parasol está aproximadamente entre el 38% y el 62% de la radiación solar incidente en el N y 0 respectivamente. Ello surge de la alta proporción de radiación difusa.
- b) En consecuencia un alto porcentaje de la radiación que los parasoles no interceptan o la totalidad en caso de no existir parasol, deberá ser controlada con elementos que intercepten la radiación difusa, como cortinas, elementos reflectantes o removibles.
- c) Se consideran aptos para interceptar la radiación directa y difusa a los sombreadores grandes como parras, otros elementos vegetales o sobretechos.

### 4. SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO PASIVO PARA LA ZONA

Durante las noches la ventilación cruzada puede utilizarse para el enfriamiento convectivo de las superficies interiores, lo que es posibilitado por el defecto de entalpía y temperatura que se produce en estas horas.

Para las ocasiones en que el confort térmico no pueda conseguirse de esta manera es que se ha pensado en la posibilidad de utilizar el enfriamiento pasivo.

Se han descartado los sistemas de tipo radiativo pues necesitan de cielos despejados que posibiliten la emisión de radiación de

onda larga, y los sistemas de tipo evaporativo directo, pues ellos incorporan un alto porcentaje de humedad al aire, lo que no resulta adecuado para el funcionamiento de los mecanismos termorreguladores del cuerpo humano.

Se concluyó sobre las posibilidades de los sistemas evaporativos indirectos, incluyendo como variante alternativa el enfriamiento de aire por contacto con la tierra. Para ello realizaron mediciones de temperatura de superficies que se exponen en las figuras 8 a 14.

Los registros tomados a distintas profundidades, nos muestran que por debajo de los 0,5 m el comportamiento es más estable frente a los cambios diarios de temperatura, siendo la variación de tipo estacional.

Las temperaturas tomadas a 0,90 m alcanzan valores medios que se acercan a las temperaturas medias mensuales.

Estos factores permitirían utilizar la tierra como elemento de enfriamiento del aire, ya que para el mes de enero, con una temperatura máxima media de 30 °C y una media mensual de 22 °C tendríamos una diferencia de 7,5 °C, es decir un aprovechamiento del 50%.

El sistema de enfriamiento por contacto con la tierra resulta atractivo por su sencilla facilidad de implementación en el entorno de la vivienda y aparentemente con un costo razonable.

Alternativamente se considerará implementar un dispositivo consistente en una poza cubierta por una chapa de hierro galvanizado, dentro de la cual circula el aire. La chapa será cubierta por una capa delgada de tierra que se mantendrá humectada mediante riego. El sistema se complementa con la chimenea solar, posibilitará el movimiento del aire enfriado.

Se exponen a continuación algunas consideraciones para evaluar en principio el posible potencial del sistema.

Se parte de considerar a enero como el mes más desfavorable con una temperatura máxima diaria de 30 °C y una humedad relativa media de 70%. La humectación de la capa de tierra llevaría su temperatura a la de bulbo húmedo que para el caso es de 25,5 °C, obteniéndose una diferencia de 4,5 °C. Esto se ve afectado por la resistencia térmica que ofrecería el elemento de soporte de la tierra, con lo que el rendimiento del sistema disminuiría.

La entalpía del aire a 25,5 °C y 100% de humedad es de 18,7 Kcal/kg, mientras que la del aire en movimiento dentro de la cámara sería 17,5 Kcal/kg, siendo 1,2 Kcal/kg el calor traído al aire exterior.

La pérdida de calor de la vivienda por ventilación para esta diferencia de entalpía será

$$Q = V \cdot n \cdot \rho \cdot \Delta J$$

donde:

- volumen de la vivienda = 125 m<sup>3</sup>
- n° renovaciones horarias = 1,5
- densidad del aire = 1,2 kg/m<sup>3</sup>
- diferencia de entalpía = 1,2 Kcal/kg

$$Q = 270 \text{ Kcal/h}$$

Considerando una profundidad de cámara de 0,10 m de manera que exista el mayor contacto posible entre el aire a enfriar y la tierra enfriada y tomando un ancho de cámara de 3 m, tenemos un área de 0,30 m<sup>2</sup>. La velocidad de circulación del aire para 1,5 renovaciones horarias será:

$$V = \frac{187,5 \text{ m}^3/\text{h}}{0,3 \text{ m}^2} = 0,17 \text{ m/seg}$$

verificándose un régimen laminar en la cámara. La transferencia de calor en la cámara por convección natural será:

$$Q_c = h_c \cdot A \cdot \Delta t$$

coeficiente de transferencia de calor por convección (Kcal/m<sup>2</sup> h °C).  
Área (m<sup>2</sup>).  
diferencia de temperatura entre temperatura del aire exterior y el aire en la cámara (°C).

$$Q_c = 3,19 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C} \cdot A \cdot 4,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

donde se deduce el área necesaria para enfriar el aire circulante que es aproximadamente 19 m<sup>2</sup>.

## CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Para la búsqueda de confort higrotérmico en edificios durante el período estival es necesario tener presente que las técnicas pasivas son inseparables del diseño arquitectónico y que en consecuencia una adecuada respuesta a las condiciones climáticas y una acertada elección de técnicas constructivas puede redundar en la reducción de la carga térmica, lo que resulta de importancia dadas las modestas prestaciones que pueden obtenerse con los sistemas de enfriamiento pasivo.

Para la zona templada húmeda es significativo el uso de aislaciones en la envolvente (3), controlando en aberturas, la incidencia, no sólo de la radiación directa, sino también de la difusa.

Es necesario disponer de adecuada ventilación que permita la disipación del calor del cuerpo durante el período diurno y el enfriamiento convectivo nocturno.

En cuanto a otros sistemas pasivos de enfriamiento resultan interesantes los evaporativos

indirectos y los que aprovechan el potencial térmico del suelo.

Teniendo en cuenta estas conclusiones y lo anteriormente expuesto nos proponemos desarrollar los siguientes trabajos futuros:

- a) Se implementarán modelos experimentales de sistemas por contacto con tierra y variante que incluye una etapa de enfriamiento evaporativo indirecto según lo expuesto.
- b) Se realizarán trabajos de evaluación de protecciones solares.
- c) Se comenzarán estudios preliminares referentes al tema de conjuntos de edificios y situaciones urbanas.

## 6. REFERENCIAS

1. "Conjuntos habitacionales con energía solar". E. Rosenfeld et al. Suplemento Summa N°15, Buenos Aires, 1979.
2. Conservación de la energía. Estudio del consumo energético en viviendas de la zona templada húmeda. Informe final. IAS, La Plata, 1983. Biblioteca SVOA e IAS.
3. "Prototipo experimental de La Plata: primera campaña de ensayos de habitabilidad y comportamiento energético". J.L. Guerrero et al. Actas de la 9na Reunión de trabajo de ASADES, San Juan, 1984.
4. "Conservación de la energía y aprovechamiento de la energía solar en la zona templada húmeda. Casa solar IAS/FABA 1, Ituzaingó, Pcia de Bs. As.". E. Rosenfeld et al. Actas de la 4ta Reunión de trabajo de ASADES, La Plata, 1978.

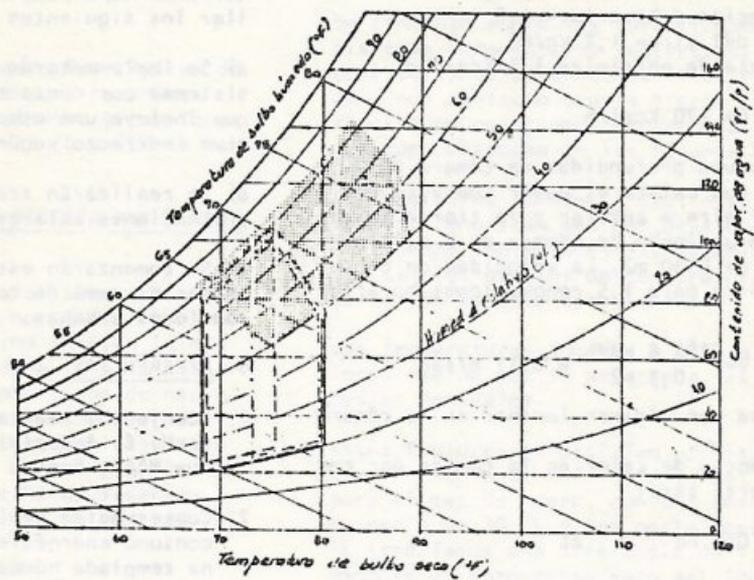
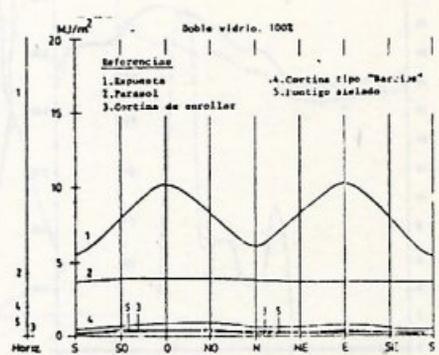
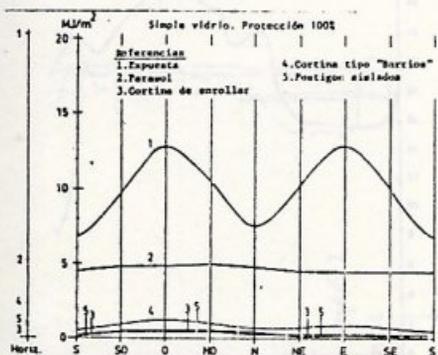
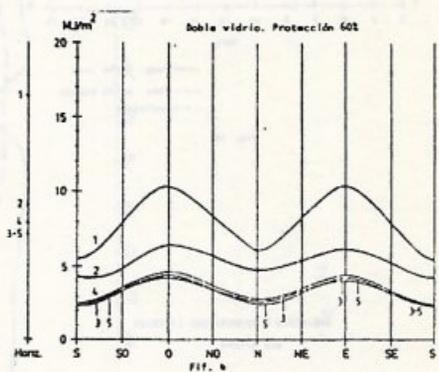
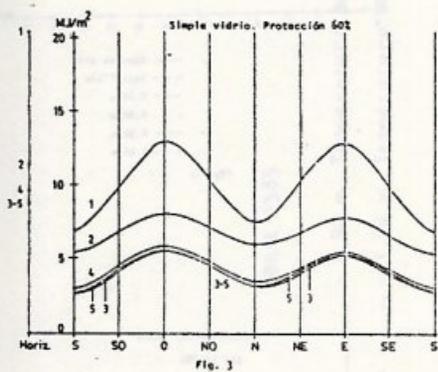
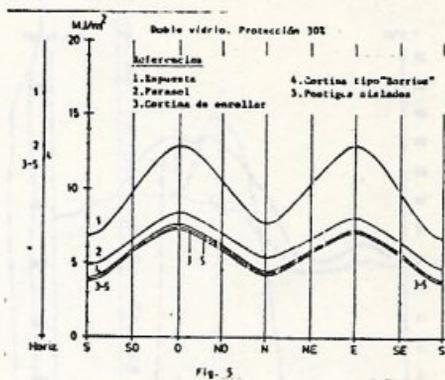
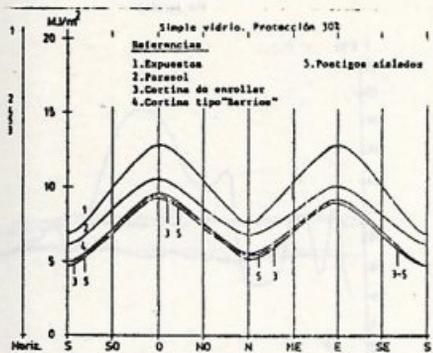
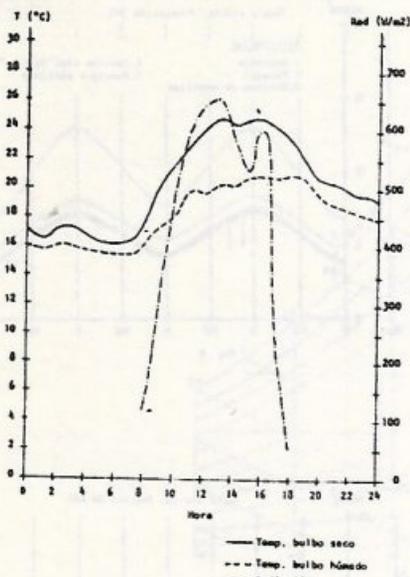


Fig. 1



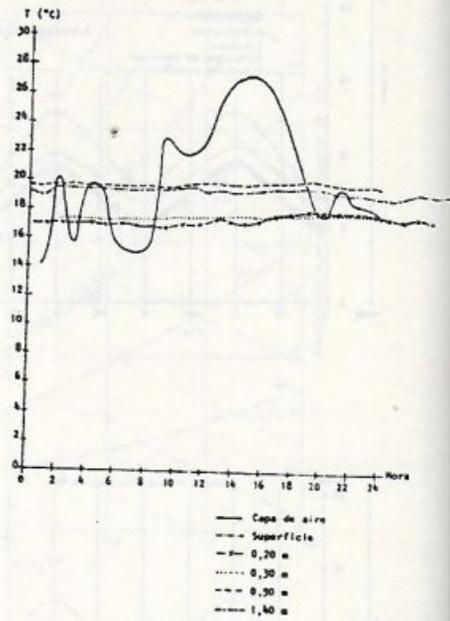
RADIACION Y TEMPERATURA EXTERIOR

DIA 31/3/85



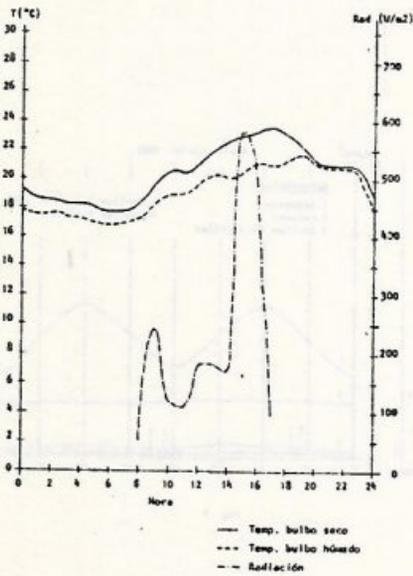
TEMPERATURA DEL SUELO

DIA 31/3/85



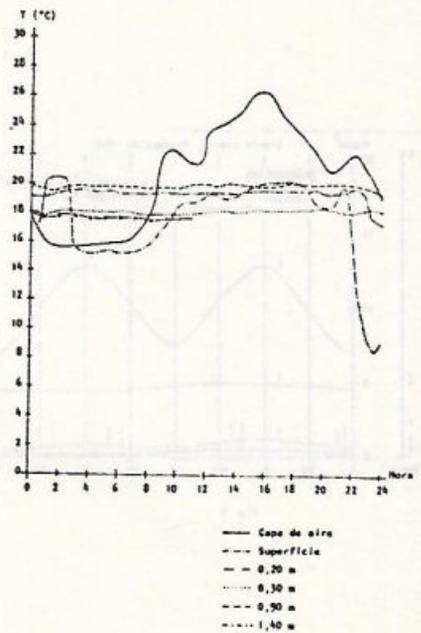
RADIACION Y TEMPERATURA EXTERIOR

DIA 1/4/85



TEMPERATURA DEL SUELO

DIA 1/4/85



ABRIL 1985

— 0,90 m Temperatura media 17,76 °C  
- - - 1,50 m Temperatura media 17,99 °C

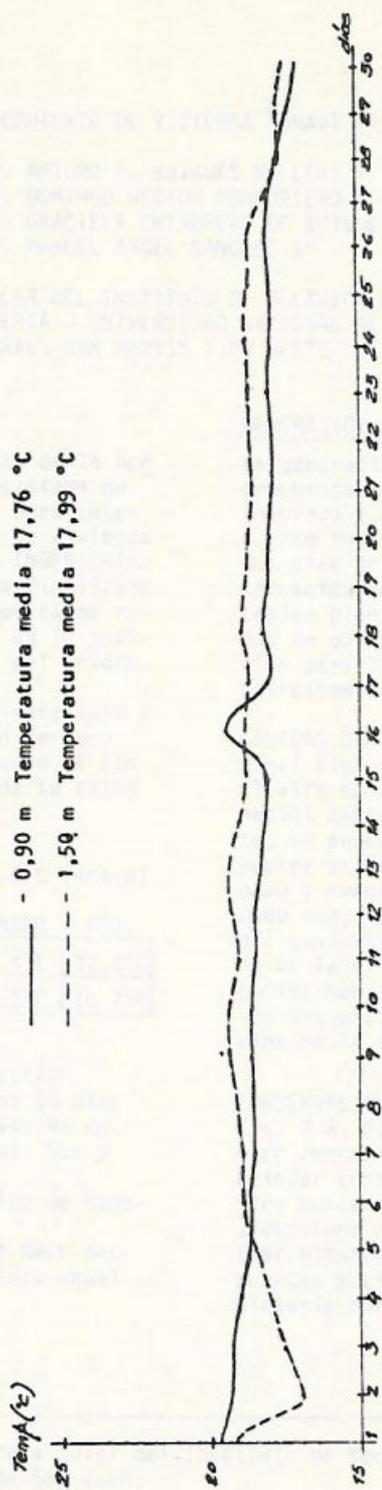


Fig. 14