

GENERACION DE BAJAS TEMPERATURAS MEDIANTE RADIACION NOCTURNA EN  
LA ZONA ANDINA

Luis Cardón\*, Luis Saravia\*\*, Graciela Lesino,  
Roberto Ovejero, Lilitiana Castro Padula y  
Carlos Cadena

INENCO#, Universidad Nacional de Salta  
Buenos Aires 177, 4400 Salta

RESUMEN

En este trabajo se plantean los problemas relacionados con el uso de la radiación nocturna como recurso para la obtención de bajas temperaturas destinadas al refrescamiento en verano y conservación de productos perecederos en las regiones preandinas y andinas del país.

Se seleccionan métodos de cálculo numéricos y de medida del recurso y se describen resultados experimentales tendientes a evaluar materiales y técnicas constructivas para sistemas de enfriamiento radiativos.

Los resultados se han aplicado al diseño de un sistema pasivo radiativo de enfriamiento, con acumulación estacional, para una cámara de baja temperatura destinada a la conservación de semillas con fines genéticos. Se analiza el diseño y resultados de una simulación numérica.

INTRODUCCION

El uso de la radiación nocturna como recurso para obtener el acondicionamiento térmico de verano en locales, especialmente en zonas donde la humedad absoluta del aire es baja, ha sido objeto de especial atención durante los últimos años (1). En el país existen extensas zonas, especialmente las ligadas a las zonas preandinas, donde se dan muy buenas condiciones para la aplicación de este efecto. Por otro lado existen algunas aplicaciones especiales, relacionadas con la conservación de sustancias perecederas, donde el recurso puede ser utilizado en plena zona andina durante el verano. Siguiendo un plan sistemá

tico de estudio del recurso para su aprovechamiento, se ha comenzado por analizar dentro del contexto impuesto por las características meteorológicas y orografía de la zona preandina, tres aspectos básicos: 1) cálculo de disponibilidad del recurso, 2) medida del recurso, 3) materiales y técnicas constructivas necesarias para su aprovechamiento. Ellos son discutidos en las secciones que siguen. Por otro lado, sobre la base de los estudios anteriores se ha realizado el diseño de un sistema pasivo radiativo destinado al enfriamiento de una cámara de conservación de semilla (banco de germaplasma) a pedido del INTA, la que será instalada en la zona andina, en Abra Pampa. Este sistema es descrito en detalle en una de las secciones siguientes.

2. SELECCION DEL METODO DE CALCULO

La radiación infrarroja proveniente de la atmósfera no corresponde a la de un cuerpo negro a la temperatura  $T_a$  del aire a nivel del suelo. Por tal razón la potencia radiante  $E_C$  que llega por metro cuadrado de superficie horizontal se expresa como:

$$E_C = \epsilon_C \cdot \sigma \cdot T_a^4$$

donde  $\epsilon_C$  es la llamada "emisividad del cielo" siendo menor que 1.

Una forma alternativa de expresar  $E_C$  es:

$$E_C = \sigma \cdot T_C^4$$

donde  $T_C$  es la llamada "temperatura del cielo".

$E_C$  no es una constante, variando mucho con el contenido de agua en la atmósfera. Se suele usar a la temperatura de rocío  $T_r$  como medida de la humedad absoluta  $w$  del aire.

A los efectos de las aplicaciones a es

\* Becario del CONICET

\*\* Investigador del CNIE

# Instituto UNSa. - CONICET

GENERACION DE BAJAS TEMPERATURAS MEDIANTE RADIACION NOCTURNA EN  
LA ZONA ANDINA

Luis Cardón\*, Luis Saravia\*\*, Graciela Lesino,  
Roberto Ovejero, Lilitiana Castro Padula y  
Carlos Cadena

INENCO#, Universidad Nacional de Salta  
Buenos Aires 177, 4400 Salta

RESUMEN

En este trabajo se plantean los problemas relacionados con el uso de la radiación nocturna como recurso para la obtención de bajas temperaturas destinadas al refrescamiento en verano y conservación de productos perecederos en las regiones preandinas y andinas del país.

Se seleccionan métodos de cálculo numéricos y de medida del recurso y se describen resultados experimentales tendientes a evaluar materiales y técnicas constructivas para sistemas de enfriamiento radiativos.

Los resultados se han aplicado al diseño de un sistema pasivo radiativo de enfriamiento, con acumulación estacional, para una cámara de baja temperatura destinada a la conservación de semillas con fines genéticos. Se analiza el diseño y resultados de una simulación numérica.

INTRODUCCION

El uso de la radiación nocturna como recurso para obtener el acondicionamiento térmico de verano en locales, especialmente en zonas donde la humedad absoluta del aire es baja, ha sido objeto de especial atención durante los últimos años (1). En el país existen extensas zonas, especialmente las ligadas a las zonas preandinas, donde se dan muy buenas condiciones para la aplicación de este efecto. Por otro lado existen algunas aplicaciones especiales, relacionadas con la conservación de sustancias perecederas, donde el recurso puede ser utilizado en plena zona andina durante el verano. Siguiendo un plan sistemá

tico de estudio del recurso para su aprovechamiento, se ha comenzado por analizar dentro del contexto impuesto por las características meteorológicas y orografía de la zona preandina, tres aspectos básicos: 1) cálculo de disponibilidad del recurso, 2) medida del recurso, 3) materiales y técnicas constructivas necesarias para su aprovechamiento. Ellos son discutidos en las secciones que siguen. Por otro lado, sobre la base de los estudios anteriores se ha realizado el diseño de un sistema pasivo radiativo destinado al enfriamiento de una cámara de conservación de semilla (banco de germaplasma) a pedido del INTA, la que será instalada en la zona andina, en Abra Pampa. Este sistema es descrito en detalle en una de las secciones siguientes.

2. SELECCION DEL METODO DE CALCULO

La radiación infrarroja proveniente de la atmósfera no corresponde a la de un cuerpo negro a la temperatura  $T_a$  del aire a nivel del suelo. Por tal razón la potencia radiante  $E_C$  que llega por metro cuadrado de superficie horizontal se expresa como:

$$E_C = \epsilon_C \cdot \sigma \cdot T_a^4$$

donde  $\epsilon_C$  es la llamada "emisividad del cielo" siendo menor que 1.

Una forma alternativa de expresar  $E_C$  es:

$$E_C = \sigma \cdot T_C^4$$

donde  $T_C$  es la llamada "temperatura del cielo".

$E_C$  no es una constante, variando mucho con el contenido de agua en la atmósfera. Se suele usar a la temperatura de rocío  $T_r$  como medida de la humedad absoluta  $w$  del aire.

A los efectos de las aplicaciones a es

\* Becario del CONICET

\*\* Investigador del CNIE

# Instituto UNSa. - CONICET

tudiar, el conocimiento preciso de  $\epsilon_c$  es importante ya que el enfriamiento a obtener resulta del balance entre la radiación incidente  $E_c$ , que es del orden de  $400 \text{ w/m}^2$ , y la emitida por las superficies a enfriar, que es del orden de  $470 \text{ w/m}^2$ . Un error del 5% en  $\epsilon_c$  da lugar a errores del orden de 25% en la energía de enfriamiento útil.

Existen dos tipos de métodos para la determinación de  $\epsilon_c$ , uno de ellos empírico (2,3,4) y otro teórico (5,6). Los resultados se expresan como una correlación entre la emisividad de cielo  $\epsilon_c$  y la temperatura de rocío  $T_r$  y se muestran en las Fig. 1 y 2. Las medidas realizadas con instrumentos de precisión por Berdahl y Fromberg (2) están en buena coincidencia con una evaluación detallada realizada mediante el código de computadora LOWTRAN (5). La correlación obtenida por dichos autores es:

$$\epsilon_c = .741 + 0.0062 T_r$$

Las medidas realizadas por Clark y Allen (4) fueron obtenidas recientemente pero han sido puestas en duda (1,2) debido a problemas con la medida de las temperaturas de aire.

En lo que sigue se usará la correlación de Berdahl y Fromberg (2) como método de cálculo de  $\epsilon_c$ . No existen en la literatura comentarios detallados sobre la importancia de la altura en el fenómeno, lo cual es de relevancia para nuestra zona de trabajo y pudiera tener influencia dado los cambios en el perfil de temperatura y humedad al variar la altura. Con el fin de poder evaluar este factor se trabaja en dos aspectos. Por un lado se han obtenido copias de las distintas secciones del LOWTRAN con el fin de adaptarlo a nuestras condiciones. Por otro lado se ha comenzado a preparar sensores para realizar medidas "in situ" y compararlas con los datos disponibles en la literatura.

### 3. METODOS DE MEDIDA

El instrumento más utilizado para las medidas de radiación térmica de cielo en forma global es el pyrgómetro de Eppley. Dado que no se dispone de este instrumento en el país por el momento y su construcción es difícil debido al domo de silicio, se ha buscado un posible reemplazo susceptible de fabricación local.

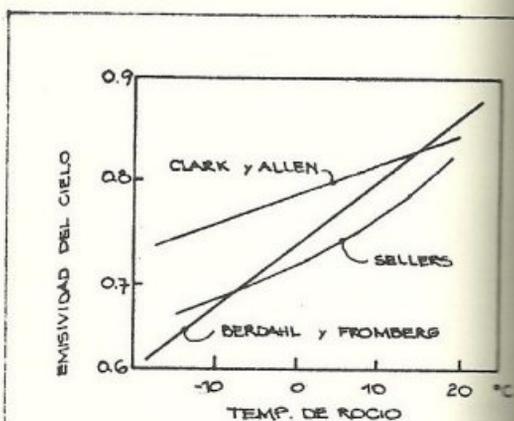


FIG. 1. COMPARACION DE RESULTADOS EXPERIMENTALES DE LA CORRELACION EMISIVIDAD - TEMP. DE ROCIO

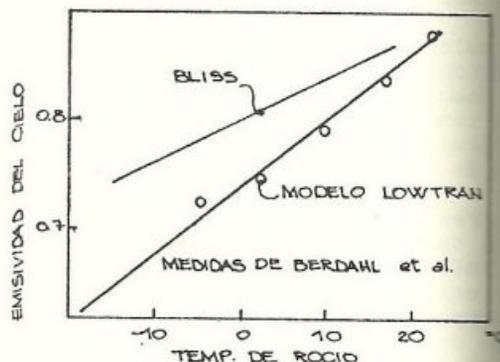


FIG. 2. COMPARACION DE RESULTADOS TEORICOS DE LA CORRELACION EMISIVIDAD - TEMP. DE ROCIO

En Francia, Buriot (7) ha hecho un estudio sobre un sensor de bajo costo con el mismo principio que el pyrgómetro, donde la cúpula de silicio es reemplazada por una de polietileno, el cual también es transparente al infrarrojo como el silicio. Un esquema del instrumento se muestra en la Fig. 3. Ha sido calibrado contra un pyrgómetro y se ha encontrado que conservando las características de los materiales utilizados, la relación entre la salida de voltaje  $U$  en microvoltios y la diferencia entre la temperatura de

del cielo es:

$$U = 10.0 * (T_a - T_c)$$

Las principales desventajas de este sistema frente al pyrgeometro son: a) no puede medir durante el día ya que la cúpula no para la radiación solar, b) siente más el efecto de los vientos, c) se debe cambiar la cúpula con cierta frecuencia.

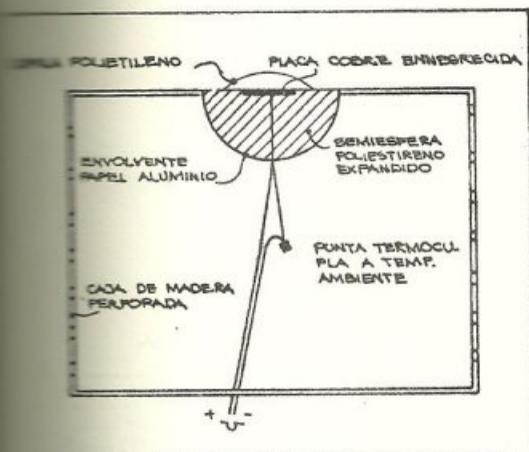


Fig. 3. Instrumento de medida de emisividad de cielo según Buriot.

Los ensayos realizados por Buriot muestran que se pueden esperar errores del orden del 10% en la diferencia de temperatura por lo que si bien no puede ser utilizado para obtener medidas precisas permite realizar estimaciones útiles para el diseño de sistemas de enfriamiento. Se ha construido un primer instrumento de este tipo con el cual se han realizado una serie de medidas en Cachi durante febrero y marzo de 1983. A título de ejemplo, la Fig. 4 muestra los resultados obtenidos durante una noche como función del tiempo. La temperatura ambiente fue medida con termocucla mientras que la humedad relativa fue obtenida con un instrumento Vaisala. A partir de estos datos se determinó la temperatura de rocío que figura en la gráfica. A su vez la correlación experimental de Berdahl y Fromberg fue usada para hallar un valor de la temperatura de cielo que se compara en la Fig. 4 con el valor medido mediante el instrumento de Buriot. Existe una diferencia apreciable entre la temperatura de cielo calculada y la medida. Ello se puede deber a dos causas. Una es la influencia

de la altura sobre el valor de  $\epsilon_c$  lo que no está tenido en cuenta en el cálculo. Otra es la calibración del aparato, que puede ser algo distinto a la del original debido a variaciones en el material. Se está estudiando este problema en detalle.

Un segundo tipo de instrumento ha sido discutido por Gordon et al. (8). Su funcionamiento nace del hecho que una superficie horizontal expuesta al cielo y a la que se le entrega una potencia eléctrica mediante un calefactor asociado a ella, está regida por la siguiente ecuación:

$$q = \epsilon(\sigma T^4 - \epsilon_c \sigma T_a^4) - U(T - T_a)$$

donde  $\epsilon$  es la emisividad de la superficie al infrarrojo,  $U$  el coeficiente complejo de pérdidas convectivas y  $T$  la temperatura de la superficie. En la expresión existen tres parámetros que pueden variar con el tiempo:  $\epsilon_c$  que es el que se busca medir,  $U$  que cambia con el viento y que cambia lentamente al envejecer la superficie. Lo que se ha propuesto es trabajar con tres superficies alimentadas con potencias  $q$  distintas. Se mide  $T$  y  $T_a$  para todas y se establece un sistema de tres ecuaciones del cual se obtienen los tres parámetros. Esta manera de tratar el problema tiene la ventaja de que al medirse  $U$  se puede eliminar la cúpula y dejar que  $U$  varíe con la velocidad del viento. Se está armando un instrumento de este tipo habiéndose incorporado algunas características particulares. En primer lugar se utiliza un circuito electrónico que en vez de mantener  $q$  constante hace lo mismo con la temperatura  $T$  de la placa. Ello tiene la ventaja de evitar condensaciones de agua sobre la superficie (no hay cúpula) que alteran en mucho las medidas como se discute en la próxima sección. Se ha usado una placa constituida directamente por una resistencia de platino plana que hace las veces de superficie radiante, resistencia de calentamiento y sensor de temperatura. El circuito mide la potencia  $q$  suministrada. En segundo lugar se está trabajando únicamente con dos placas a temperaturas distintas dado que uno de los parámetros, el  $\epsilon$ , es de variación muy lenta y se lo puede conocer bastante bien. El instrumento también mide la temperatura ambiente con una resistencia de platino. Su esquema se muestra en la Fig. 5. Las resistencias son de 100

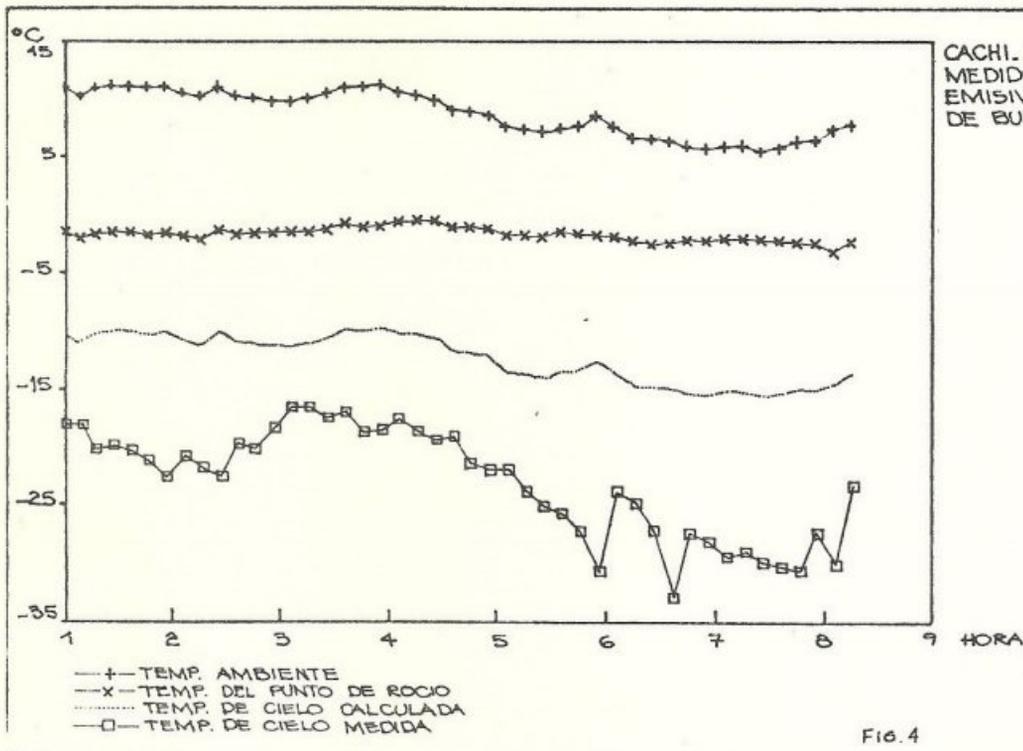


Fig. 4

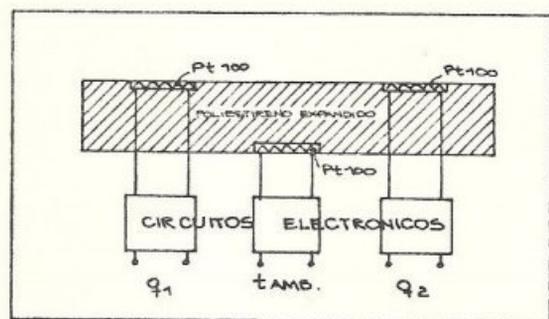


Fig. 5. Instrumento de medida de emisividad de cielo con dos placas expuestas a temp. constantes distintas.

ohmios fabricadas por un depósito de platino sobre cerámica y tienen una dimensión de  $4 \times 10 \text{ mm}^2$ . El equipo se encuentra en etapa de ajuste y ensayo inicial.

#### 4. MATERIALES Y TECNICAS CONSTRUCTIVAS

La construcción de las superficies radiativas requiere materiales y técnicas constructivas adecuadas. Las sugerencias al respecto en la bibliografía existente es escasa. En lo que se refiere a

la terminación de la superficie conviene una con mayor emisividad posible en el infrarrojo. Por otro lado, las placas pueden recibir la radiación solar durante el día y su calentamiento no será beneficioso para el sistema. Por tanto conviene que la emisividad en el visible sea la menor posible. Superficies con estas propiedades reciben el nombre de "antiselectivas". Las pinturas blancas son una de ellas ya que en general en el infrarrojo tienen una alta emisividad. En particular se recomienda el uso de pintura blanca fabricada con bioxido de titanio sobre chapa de aluminio reflejante. En materia de cubiertas transparentes al infrarrojo para evitar la llegada de calor por el medio del aire, el único material mencionado para ser usado en superficies grandes es el polietileno transparente. Debe venir que sea de poco espesor, usándose valores del orden de los 100 micrones. Este material tiene algunos inconvenientes tales como su poca duración por abrasión y por ataque de la radiación ultravioleta.

Con el fin de tener idea práctica de los posibles comportamientos se construyó un conjunto de 4 placas horizontales de  $0.5 \times 0.5 \text{ m}^2$  c/u con una superficie

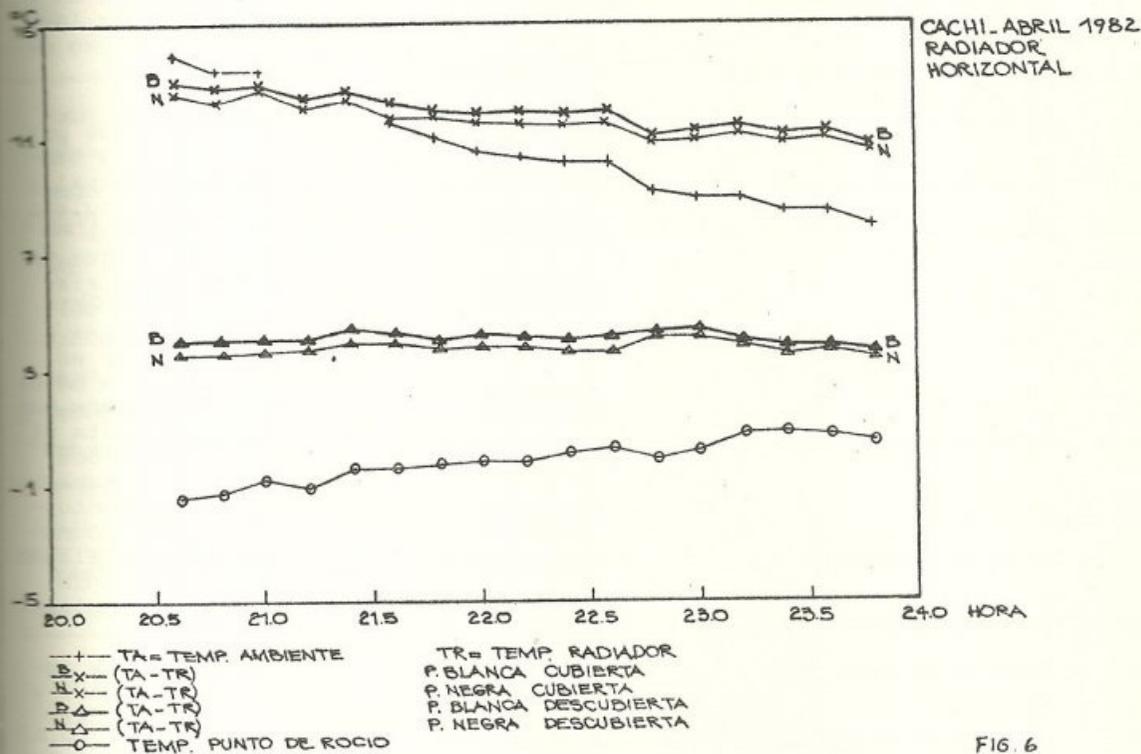


FIG. 6

negra o blanca y usándose o no cubierta de polietileno. Ellas fueron montadas en una camioneta Ford F-100 y llevadas a distintas zonas (Cachi, Humahuaca, etc.) de altura. La Fig. 6 muestra los resultados obtenidos en una noche, los que son representativos del conjunto de medidas realizadas. En ella se incluye por una parte la temp. ambiente  $T_A$  y la de rocío  $T_r$  que indican las condiciones ambientales durante la medida. Además se muestran los descensos de temperatura respecto a la ambiente obtenidos con las cuatro placas mencionadas. La experiencia se realizó por exposición simultánea de las cuatro comenzándose el registro de temperaturas una hora después de haberse quitado una tapa de tergo pol que aseguraba condiciones iniciales iguales. Los mejores descensos de temperatura fueron obtenidos con las placas cubiertas con polietileno dando muestra de la efectividad de su uso. Por otro lado

también se apreciaron en las distintas experiencias los problemas de estar cubierta: vida corta y formación de humedad y escarcha sobre ella al ser enfriada por la placa. Las diferencias en los descensos de temperatura entre las placas negras y blancas son muy pequeñas, estando dentro del error experimental. Ello indica que el uso de la pintura blanca no perjudica el efecto de enfriamiento, y dado que por el otro lado evita el calentamiento fuerte durante las horas del día por absorción de la radiación solar, resulta ser de uso recomendable.

##### 5. BANCO DE GERMOPLASMA

El INTA desarrolla un plan de conservación de material genético vegetal, semillas, que se encuentra asociado a entidades internacionales y que tiene como fin conservar la diversidad genética actualmente disponible en el mundo ante los problemas pro-

ducidos por el uso de variedades híbridas a nivel masivo. La vida útil de una semilla depende de la temperatura y humedad a la que se almacena, aumentando en mucho cuando se baja el contenido de agua en la semilla y su temperatura. La baja humedad puede ser obtenida y conservada sin problemas mediante métodos de secado y conservación en sobre herméticos. Para la temperatura se utilizan cámaras frías a las que se le da el nombre de bancos de germinoplasma. Para conservación a mediano plazo (decenas de años) se recomienda temperaturas entre  $-2$  y  $-5^{\circ}\text{C}$  mientras que a muy largo plazo se usan temperaturas por debajo de los  $-15^{\circ}\text{C}$ . El INTA dispone de cámaras de este tipo en la zona de Buenos Aires pero al requerir fuentes convencionales de energía se enfrentan con el problema de baja seguridad tanto por fallas en el suministro externo de energía como por problemas de mantenimiento. Por tal razón ha sugerido la construcción de cámaras en zonas climáticamente adecuadas proponiendo una a muy largo plazo en la Antártida y otra de mayor accesibilidad en una zona de altura (Abra Pampa). En este último caso aparece como conveniente mejorar el acondicionamiento de verano mediante el uso de sistemas solares. En lo que sigue se describe un proyecto de cámara a  $-2^{\circ}\text{C}$  acondicionada en forma pasiva con uso

de la radiación nocturna para obtener la fuente fría. En una segunda etapa se planea llevar la cámara a  $-15^{\circ}\text{C}$  mediante el uso de sistemas fotovoltaicos.

La Tabla I muestra en las dos primeras columnas valores de la temperatura mínima media y mensual y la temperatura de cielo calculada por la correlación de Berdahl - Fromberg, en Abra Pampa. Aunque un primer método posible de enfriamiento es el de circulación del aire nocturno por la cámara, se aprecia que no se puede usar en verano donde la mínima media no baja de cuatro punto ocho grados centígrados. Para solucionar esta situación se propone utilizar dos métodos: 1) bajar la temperatura mediante el uso de radiación nocturna en el techo, 2) utilizar acumulación invierno - verano congelando una mezcla alcohol - agua cuando las bajas temperaturas lo permiten.

El sistema que combina los dos aspectos se muestra en la Figura 7 y consta de dos cámaras encerradas una dentro de la otra. Entre las dos circula el aire que enfriado en el techo baja y congela la mezcla agua - alcohol de los recipientes. Cuando llega el verano y el techo no puede suministrar la baja temperatura necesaria, la circulación se corta y los recipientes comienzan a cambiar de fase manteniendo la temperatura

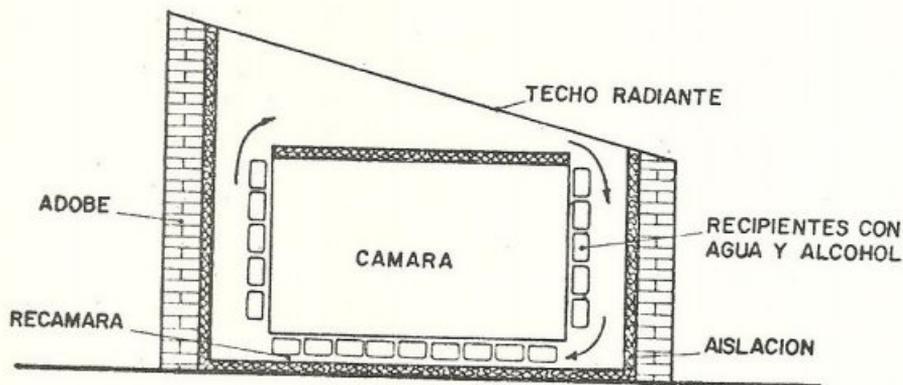


Fig. 7

Tabla I. Estado térmico de la cámara de refrigeración

Mes	Temperatura mínima media	Temperatura mínima del cielo	Temperatura mínima del techo	Kilos de hielo formados (+) o fundidos (-) por mes		
				Noche	día	total
Enero	4.8	-11.9	- 0.9	- 250*	-870	- 1120
Febrero	5.3	-11.4	- 0.5	- 314*	-930	- 1244
Marzo	3.4	-13.5	- 1.9	- 282*	-870	- 1152
Abril	- 3.5	-22.0	- 7.1	1470	-750	720
Mayo	-10.4	-28.4	-12.3	4380	-600	3780
Junio	-13.5	-31.2	-14.7	6420	-480	5940
Julio	-14.2	-32.1	-15.2	6660	-450	6210
Agosto	-11.2	-29.3	-13.	5220	-480	4740
Setiembre	- 7.	-25.6	- 9.8	3210	-630	2580
Octubre	- 4.1	-21.5	- 7.6	2070	-750	1320
Noviembre	3.	-16.6	- 4.3	- 240	-900	1140
Diciembre	3.6	-12.9	- 1.8	- 272*	-900	- 1172
Total -						- 5828
Total +						25290

\* El radiador no funciona de noche en estos meses

de la cámara. Es conveniente realizar un análisis térmico del sistema con el fin de determinar las aislaciones necesarias y el peso de la mezcla alcohol-agua necesario para mantener la temperatura. Ello se ha realizado mediante un modelo computacional. La Tabla I resume cual es el grado de formación o fusión de hielo a medida que pasan los meses. Como se aprecia el balance es completamente favorable y unos 8000 kgs de hielo son suficientes con una aislación de 20 cm de poliestireno expandido en la pared externa.

En la próxima sección se detallan los aspectos técnicos requeridos para lograr el funcionamiento correcto del sistema.

#### ASPECTOS TECNICOS DEL DISEÑO DE LA CÁMARA

La Fig. 7 muestra la cámara de conservación. Su diseño incorpora un conjunto de detalles técnicos que se describen a continuación:

a) El techo radiante trabaja en forma óptima al colocarse en posición horizontal. Se lo ha inclinado ligeramente para evacuar las lluvias, habiéndolo hecho hacia el sur con el fin de minimizar la radiación solar que le llega durante el día. El techo se construirá en chapa de alu-

minio pintada de blanco. El color no influye en la emisión nocturna de radiación ya que ésta ocurre en el infrarrojo, pero evita que durante el día la radiación solar eleve en mucho su temperatura. La temperatura alcanzada por el techo durante la noche resulta de un balance entre la energía radiada hacia el cielo y la intercambiada con el aire que lo lame. Si el techo se cubre con una superficie transparente a la radiación (film de polietileno) se disminuye el intercambio térmico, mejorando el funcionamiento. Debido a los posibles problemas de mantenimiento (por efecto de la radiación y el viento) en esta etapa se ha preferido no incorporar al diseño un film de tal tipo, dejando el techo en contacto directo con el aire.

b) Dado que la cantidad de energía que se puede eliminar por radiación es reducida, se deben disminuir las entradas de calor a la cámara mediante el uso de una buena capa de aislante. Los cálculos realizados muestran que una capa de 20 cm de telgopor sería adecuada para las condiciones de trabajo. Ella debe rodear por completo a la cámara y recámara. Se debe prestar especial cuidado en evitar las pérdidas térmicas a través de las columnas estructurales

que deban apoyar en el suelo. Con ese fin se propone una estructura metálica apoyada en tacos de madera, que es un aislante relativamente bueno junto a otras opciones como el hierro u hormigón.

- c) Por fuera de la aislación térmica se propone colocar una pared de adobe de 40 cm de espesor. Ella tiene como fin amortiguar los saltos de temperatura diaria, de manera que las pérdidas térmicas durante el día, cuando no se produce frío en el techo, se reducen sustancialmente. El espesor elegido es suficiente para amortiguar sin problemas las variaciones que ocurren durante un día.
- d) A fin de evitar el aumento de temperatura de la superficie de las paredes por incidencia de la radiación solar se aconseja que sean pintadas de blanco. También conviene que la pared más expuesta (la norte) sea protegida por un parasol construido con un material barato y que esté separado de la pared permitiendo la circulación del aire ambiente.
- e) Debe evitarse la entrada de aire externo a la cámara durante el día a través de la puerta, por lo que se instalará un sistema de doble puerta y sería aconsejable reglamentar la entrada a la cámara para que no ocurra durante las horas de mayor temperatura ambiente.
- f) La acumulación de frío por cambio de fase (líquido o sólido) en una mezcla agua-alcohol con una temperatura de congelación de  $-2^{\circ}\text{C}$  cumple un doble propósito: 1) regula la temperatura de las semillas, evitando que baje mucho, 2) provee acumulación durante el invierno, para que sea usada durante los 3 ó 4 meses de verano en que el techo radiante no puede trabajar, El alcohol se agrega para bajar la temperatura de congelamiento necesitándose alrededor del 4% del peso total de acumulación. Un aspecto importante en este tipo de acumulación es el recipiente, debido a la expansión del agua durante el congelamiento. Se aconseja el uso de recipientes de plástico en forma lenticular, los que soportan la expansión debido a que aumentan su volumen cuando se deforman. Se ha encontrado un recipiente de 3 lts con esa forma, por lo que será adoptado para el presente diseño. Este punto deberá ser objeto de un estudio más detallado durante el diseño final.
- g) La recámara deberá permitir una f

cil circulación del aire frío alrededor de los recipientes que guardan el líquido, evitando la formación de zonas donde no ocurra dicho movimiento. Con ese fin se ha decidido levantar el piso de la cámara de manera que el aire baje por la pared sur, pase por debajo de la cámara y suba por la pared norte. Los recipientes ocuparán la recámara, con excepción de un pasillo de servicio para inspección de los recipientes o recambio en caso de rotura. Una puerta dará acceso al pasillo de servicio.

- h) La estructura de la cámara será metálica, apoyada en tacos de madera que atraviesan la capa aislante. La estructura metálica estará cubierta interiormente por chapa de aluminio y por fuera se cuelgan los recipientes de plástico.

## 7. REFERENCIAS

- 1) New Techniques of Natural Cooling. Berger, M. Schneider. International Passive and Hybrid Cooling Conference. Miami Beach-1981-Volumen I y II. Radiative Cooling: Resource and Applications. E. Clark, P. Berdahl. Passive Cooling Handbook for the Passive Cooling Workshop, Amherst, Massachusetts, October 20, 1980. Ed. H. Miller.
- 2) Berdahl P. y Fromberg R., The thermal radiance of clear skies. Solar Energy 29, p. 299-314, 1982.
- 3) Sellers, E.D. Physical Climatology. University of Chicago Press, 1981.
- 4) Clark G. y Allen, C.P., The estimation of atmospheric radiation for clear and cloudy skies. Proc. Second Nat. Passive Solar Conf. 2, p. 76, 1981.
- 5) E.X. Kenizys et al. Atmospheric radiance/transmittance: Computer order program. TRANS, US Air Force Geoph. Lab., Bedford, Massachusetts (1980).
- 6) Bliss, A. Atmospheric radiation over the surface of the ground, a summary for engineers. Solar Energy 5, p. 10 (1961).
- 7) Buriot, D. Etude d'un capteur de température à la mesure de la température ambiante de l'atmosphère. Group d'Etudes Thermique Solaire, CNRS, Nice, Juin 1981.
- 8) A "thermometer" for effective sky temperature. J.M. Gordon, D. Govan, Zurmi. Solar Energy V. 27, N°6 p. 525-528, año 1981.