

COMPORTAMIENTO EXPERIMENTAL DE UNA POZA SOLAR DE 400m²

A.Iriarte*, S.B.de Biagi, J.Sequi, V.García y A.Amaya

INENCO", Unidad de Investigación Catamarca'
Facultad de Ciencias Agrarias-UNCa
C.C. 189 - 4700 Catamarca

G.Lesino*
INENCO"-UNSa

RESUMEN

El presente trabajo describe el proceso de llenado y la evolución en el tiempo de una poza solar de cloruro de sodio de 400 m² de superficie de colección, construida en la Universidad Nacional de Catamarca, como fuente térmica para uso agropecuario.

La configuración final de la poza, en lo que se refiere a espesores de las distintas zonas, fueron elegidas conforme a los resultados obtenidos de la simulación numérica efectuada en un trabajo anterior (1).

Se analiza la variación de la temperatura de las zonas convectiva inferior (Z.C.I) y de gradiente (ZNC) en contraste con la radiación promedio diaria incidente y la temperatura ambiente. Asimismo se discute la evolución del perfil de salinidad durante el proceso de llenado, la distribución de concentración salina y temperatura en las distintas zonas y debajo de la poza, así como la eficiencia global en los meses de estudio.

1.- INTRODUCCION

Una importante área de la provincia de Catamarca con potencial interesante para la producción agropecuaria tiene una marcada limitante por la falta de disponibilidad de energía, especialmente para abrir nuevas fuentes de comercialización a través de productos industrializados o semiindustrializados.

Las pozas solares constituyen en este sentido un recurso significativo como fuente de colección y acumulación de energía solar que puede ser aprovechada para satisfacer las necesidades energéticas, especialmente en el secado de productos hortícolas y frutícolas, amén de su utilización en calefacción de locales de cría e invernaderos.

En un trabajo anterior (1) se describieron las etapas constructivas de una poza solar de CINa de 400 m² de superficie colectora ubicada en el ámbito de la UNCa., cuyo diseño se realizó en función de los datos obtenidos mediante modelos matemáticos y simulación numérica con computadora. Esto permitió definir el espesor óptimo de

las zonas diferenciadas que constituye la característica principal de funcionamiento de dicha poza.

Estos espesores se definieron en relación a la necesidad posterior de uso (secado de productos agrícolas) y los valores óptimos establecidos fueron:

- Zona convectiva superior (ZCS) de bajo contenido salino de 0,30 m de espesor.
- Zona de gradiente salino (ZNC), con concentración salina creciente hasta un 18% de 1,2m de espesor.
- Zona convectiva inferior (ZCI) con solución salina al 18% de 0,6 m de espesor.

Si bien la simulación numérica indicó que las mejores eficiencias se consiguen con capas convectivas superiores de poco espesor, como consecuencia de que la misma absorbe gran parte de la radiación infrarroja, se decidió incrementar dicho espesor a 30 cm y agregarle rompecapas para evitar el efecto erosivo de los vientos estacionales y preservar así la zona de gradiente no convectiva.

Establecido el diseño integral de la poza se procedió a llenar la misma y construir las distintas zonas a fin de evaluar el método de llenado y el funcionamiento integral del sistema.

2.- METODO DE LLENADO

Para la formación del gradiente se utilizó la técnica de F. Zahgrando (2) que consiste básicamente en diluir en capas de concentración decreciente un determinado volumen de solución concentrada al valor prefijado para la zona convectiva inferior (ZCI). Para formar un gradiente lineal se parte de una solución concentrada cuyo espesor es equivalente a la suma del espesor de la capa convectiva inferior más la mitad del espesor de la zona de gradiente previamente establecida por el diseño. A partir del límite determinado para ambas zonas, la formación del gradiente lineal se consigne mediante la inyección de agua no salina en volumen suficiente y sucesivos a distintos niveles de acuerdo al porcentaje de dilución y espesor de capas consideradas. Esta inyección se realiza mediante el empleo de un difusor constituido por dos semicírculos de chapa de 500 mm de diámetro superpuestos con una luz libre entre ambos de 3 mm (fig. 1).

* Miembro de la carrera de investigador del CO NICET
" Unidad de Investigación Catamarca del INENCO

El caudal de agua que ingresa a través del mismo produce una dilución homogénea de la solución que se encuentra por encima del difusor. En función de nuestras necesidades dicha dilución se consigue cuando el nivel de la superficie libre aumenta exactamente en la mitad del valor del espesor de las capas que constituyen la zona de gradiente.

Este proceso se repite sucesivamente hasta que el difusor alcanza el nivel de superficie. A continuación se ingresa agua hasta obtener el espesor de la capa convectiva superior.

De esta forma la poza queda constituida por las tres zonas características, aún cuando en la zona de gradiente no presenta una variación continua decreciente de la concentración debido al espesor de las capas, la posterior difusión de la solución, establece un gradiente continuo y lineal.

El proceso de llenado se inicia en el mes de Julio de 1984 incorporando agua no salina hasta una altura de 0,9 m y a partir de allí se comienza a agregar a granel, cloruro de sodio y a medida que se incorpora un total de 60 toneladas de sal. Este mezclado se realiza mediante un compresor de 7 HP que inyecta aire a presión a través de una manguera perforada en toda su periferia la cual se desplaza barriando la totalidad del fondo de la poza, por un período continuado de 25 horas.

Durante los siguientes 30 días y a razón de 4 horas diarias, el mezclado se realizó mediante una bomba centrífuga de 4 HP con un caudal de 20 m³/h a la vez que se fue agregando agua hasta alcanzar el nivel necesario para comenzar a formar el gradiente salino.

Como al final de este período la concentración salina de la solución no superaba el 13%, valor muy inferior al preestablecido, constatándose incluso que buena parte de la sal se encontraba en el fondo sin posibilidades de dilución, se decidió aumentar el volumen de agua de la poza para favorecer este proceso.

Luego de 60 días de mezclado y evaporación natural se consiguió elevar la concentración a 18% con una altura de superficie libre de agua de 1.2m conforme a lo previsto.

La formación del gradiente se realizó por el método descrito anteriormente ubicando el difusor a una altura de 0,6m desde el fondo e inyectando agua no salina desde un reservorio auxiliar mediante una bomba centrífuga de 1 HP que suministraba un caudal constante de 80 litros por minuto, lo que aseguraba una velocidad a la salida del difusor de aproximadamente 0.6 m/seg. Con esto se logró la dilución homogénea en toda la poza a ese nivel. El proceso completo de formación de la zona de gradiente demandó un total de 48 horas distribuidas en 6 días debido a las malas condiciones climáticas y fuertes ráf-

gas de viento reinante en ese período, que impedían la lectura de los ascensos de la superficie, la que se realizaba mediante una escala graduada instalada sobre el difusor.

En la figura Nº 2 se observan los perfiles de salinidad para distintas etapas de la construcción del gradiente, advirtiéndose que éste va formándose paulatinamente con una tendencia lineal bien definida, salvo la última etapa correspondiente al 9/11/84 donde presenta una leve curvatura como consecuencia de que en el método empleado no se tuvo en cuenta la configuración tronco-cónica de la poza y por lo tanto, el aumento constante en el nivel libre de agua no se corresponde con volúmenes constantes de agua ingresada, produciendo mayores diluciones en estos niveles.

En el análisis previo se llegó a la conclusión de que dicha curvatura no era significativa y que la misma no iba a influenciar en el funcionamiento normal de la poza.

Cuando se completa la capa convectiva superior 16/11/84 se observa que el gradiente es totalmente lineal.

Asimismo los límites superior e inferior de la zona no convectiva no coinciden con el diseño previsto. En el caso del límite inferior se comprobó que el difusor no inyectó horizontalmente en el nivel ubicado, sino que "cavó" la capa convectiva inferior disminuyendo su espesor, mientras que en el límite superior la presencia del viento produjo un oleaje permanente que no permitió mantener la dilución mientras se estaba construyendo la capa convectiva superior.

En consecuencia la configuración final de la poza resultó:

- Zona convectiva inferior de 0,57 m de espesor y 18% de concentración salina.
- Zona no convectiva de 1.00 m de espesor y un gradiente de concentración lineal desde 18% a 17%.
- Zona convectiva superior de 0.43 m de espesor y 1.7% de concentración salina.

Se advierte que el espesor de la capa convectiva superior, como consecuencia del problema de oleaje planteado anteriormente, es mayor que el previsto puesto que en la zona límite ambas capas se mezclaban, a pesar de tener sobre la superficie, un sistema de flotadores rompeolas. Este sistema (1), resultó ser demasiado liviano y por lo tanto acompañaba el movimiento ondulatorio del agua, por ello se decidió ensayar nuevos sistemas más eficientes.

4.- COMPORTAMIENTO EXPERIMENTAL

A los 45 días del llenado de la poza se advierte que el gradiente salino de la zona no convectiva pierde su condición lineal primitiva, especialmente en el tramo superior a partir de 1,3 m de al-

tura desde el fondo de la poza (fig. N° 3).

También se observa un aumento de la concentración y del espesor de la capa convectiva superior que se traduce en un desplazamiento del perfil en esa zona hacia la derecha aunque el incremento de concentración en el tiempo es cada vez menor. Este fenómeno se debe a varios efectos simultáneos que incluyen en primer lugar una intensa evaporación de la capa convectiva superior cuyo nivel de agua no fue debidamente restituido a tiempo y por lo tanto esta disminución en el espesor permitió la erosión del nivel superior de la zona del gradiente. Este proceso se repitió en varias oportunidades, pero como el espesor de la capa convectiva cada vez era mayor, producía menores perturbaciones en la zona de gradiente. En segundo lugar el agregado de sulfato de cobre al agua para evitar la proliferación de algas, produjo una manifiesta turbidez que impidió que la radiación solar penetrara convenientemente hacia los niveles inferiores de la poza. Esto indujo un sobre calentamiento de la parte superior del gradiente (fig. N° 4) que desequilibró el sistema. En tercer lugar se advierte observando la curva correspondiente al 09/03/85 (fig. N° 3) que hubo una disminución de la concentración salina en la zona de acumulación y un aumento de la misma en la capa de protección, como consecuencia del transporte de sal por difusión, ya que los 7 meses de funcionamiento la capa convectiva superior aumentó el contenido salino en 3,17 toneladas, lo que significa que dicho transporte por año será del orden 13,5 kg/m². A pesar de este fenómeno se mantiene la configuración lineal del gradiente entre los 0,57 m y 1,00 m, casi exactamente igual al originalmente formado.

El perfil de temperatura en función de la profundidad para la poza y la tierra debajo de la misma se muestra en la figura N° 4. El fenómeno de turbidez por el agregado de sulfato de cobre ya explicitado anteriormente, hizo que el calor se concentrara en niveles intermedios de la zona de gradiente, desplazándose lentamente hacia abajo a medida que aumentaba la transmitancia de la solución hasta alcanzar el límite superior de la zona convectiva inferior. En el transcurso del tiempo se observó que a partir de ese nivel, la transferencia del calor hacia la zona de acumulación era excesivamente lenta, por lo cual se decidió producir la transferencia artificialmente recirculando la capa límite inferior de la zona de gradiente con la capa convectiva inferior, cuyo resultado final se observa en la curva correspondiente al 12/02/85.

Analizando la marcha de la temperatura promedio de la zona convectiva inferior T (ZCI) la temperatura promedio de la zona no convectiva T (ZNC) y la temperatura media diaria, (fig. 5,6,7 y 8) vemos que hasta los primeros días de Diciembre la temperatura media del gradiente es superior.

Posteriormente debió fundamentalmente al proceso de recirculación explicado en párrafos anteriores, es la temperatura media de la ZCI la que comienza a aumentar mientras las otras se mantie-

nen dentro de límites de variación mínimas, alcanzando a fines de Enero un valor próximo a los 65°C. Se aprecia además que las marcadas variaciones de la radiación promedio diaria sobre superficie horizontal y de temperatura media ambiente, registradas en los meses de Enero y Febrero, no influyen en la temperatura promedio de la zona de acumulación, mientras que en la zona de gradiente, se observa alguna influencia desplazada en el tiempo.

La eficiencia global de la poza, promedio de 7 meses de funcionamiento es de 13,8%.

CONCLUSIONES

En líneas generales podemos considerar que el sistema se comportó en forma razonable aún cuando la eficiencia global se muestra un poco baja considerando que el período evaluado se corresponde con las máximas radiaciones sobre superficie horizontal. Esto evidencia que los problemas que se presentan para mantener una adecuada zona de gradiente influyeron en la capacidad aislante de la misma.

En lo que respecta al método utilizado para llenar y conformar las distintas zonas de la poza, podemos decir que satisfizo adecuadamente nuestras necesidades resultando ser un método sencillo y fácil de controlar.

En el futuro, se deberá tener en cuenta algunos factores importantes que fueron causales de desajustes en la aplicación eficiente del método:

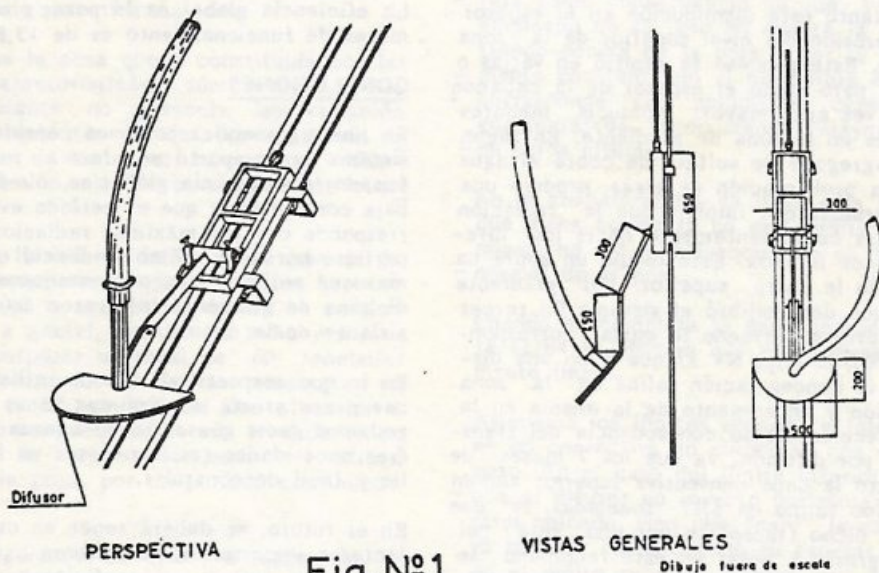
- Cuando se instala el difusor para formar el límite superior de la capa convectiva inferior, se debe contemplar el espesor que "cava" el mismo
- Si la región presenta períodos de vientos considerables, se debe instalar, previo al proceso de construcción del gradiente salino, un sistema rompeolas de eficiencia comprobada, u otro tipo de barrera que evite el oleaje sobre la superficie.
- Aún con los sistemas rompeolas instalados, no se deben formar las últimas capas del gradiente ni la capa convectiva superior de protección cuando se prevean vientos fuertes. Asimismo es conveniente que una vez concluido el gradiente, se forme en el menor tiempo posible la última zona.
- Es indispensable dosificar correctamente la cantidad de sulfato de cobre, para controlar la proliferación de algas, tanto en la solución concentrada inicial como en el agua no salina del reservorio.
- Disponer de un método continuo para restituir permanentemente el nivel superior de la zona de protección afectada por la evaporación.
- A efectos de mantener el equilibrio del sistema se hace necesario evitar el sobrecalentamiento de la capa convectiva inferior mediante una extracción adecuada del calor.

REFERENCIAS

- (1) A. Iriarte, S. de Biagi et al, Poza de Cloruro de Sodio: Diseño, Construcción y ensayos preli-

minares, Actas de la IX Reunión de Trabajo ASADES 226-234 1984.
 2.- F. Zangrando, Observation and analysis of a Full-Scale Experimental Salt Gradient Solar Pond Tesis doctoral, 1979.-

MECANISMO DE DESPLAZAMIENTO DEL DIFUSOR



PERSPECTIVA

VISTAS GENERALES

Dibujo fuera de escala

Fig. Nº1

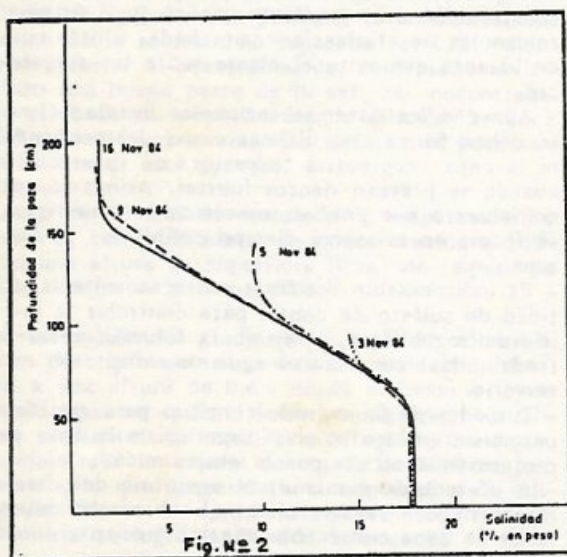


Fig. Nº2

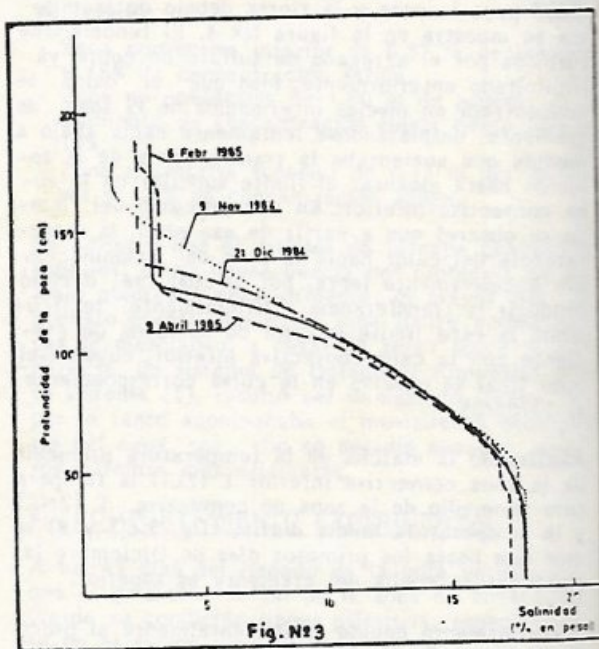
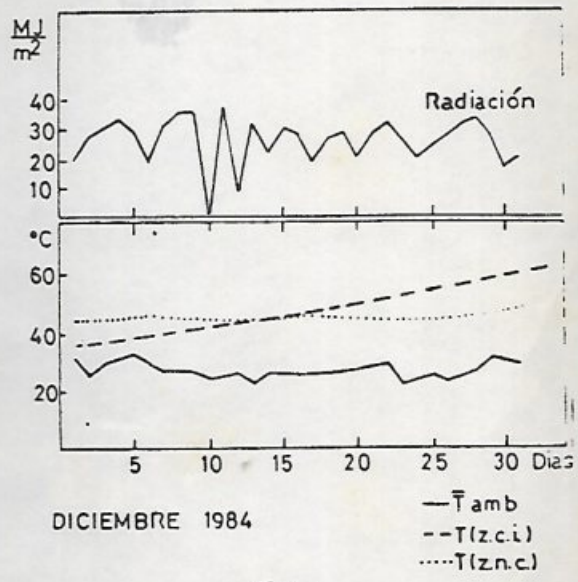
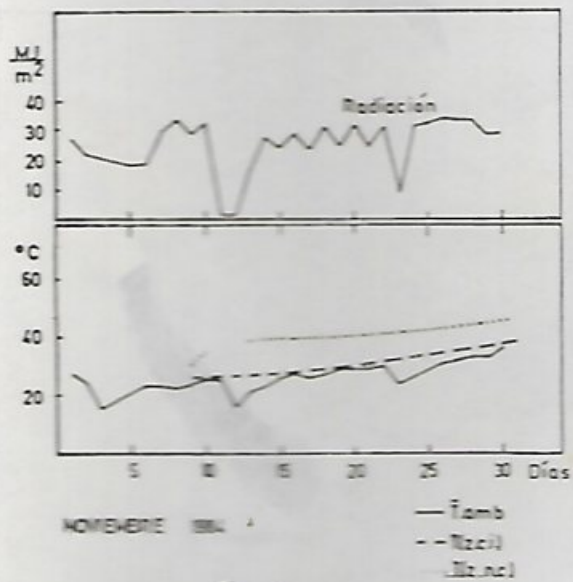
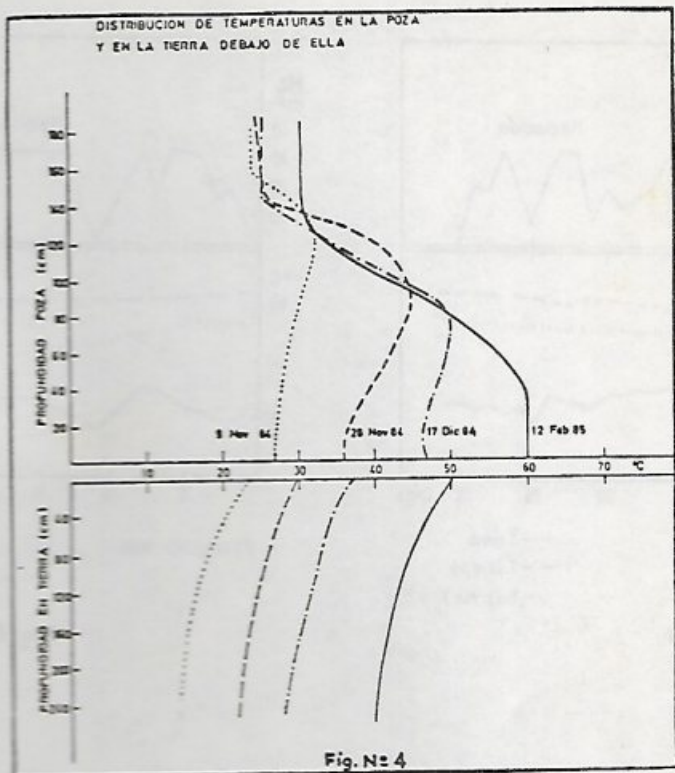
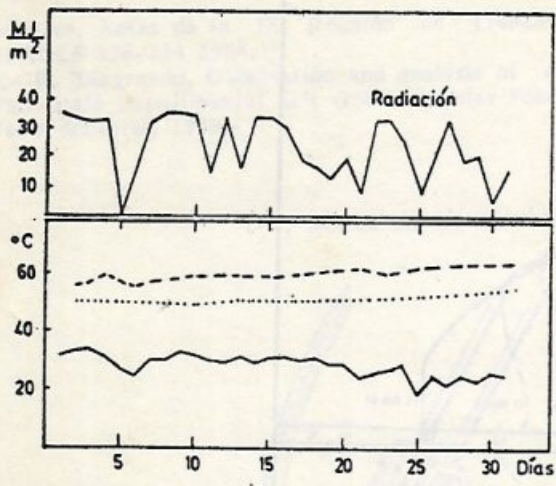


Fig. Nº3

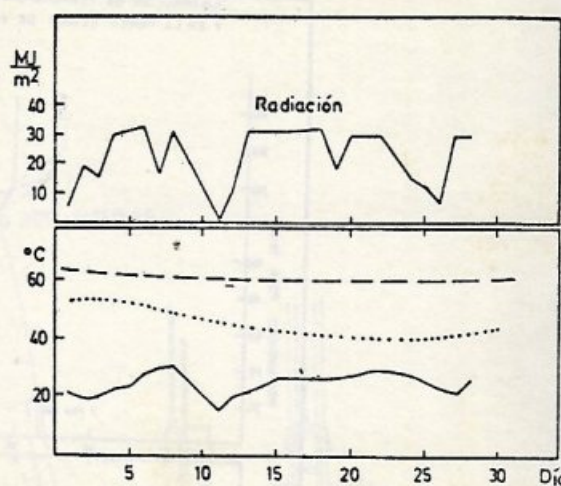




ENERO 1985

— \bar{T}_{amb}
 - - $T(z.c.i)$
 $T(z.n.c)$

Fig. 7



FEBRERO 1985

— \bar{T}_{amb}
 - - $T(z.c.i)$
 $T(z.n.c)$

Fig. 8