

SECADO SOLAR DE MAIZ Y SOJA#

M.A.Lara, A.Cortés, R.Gaspar* y R.D.Piacentini†

Resumen

Se presentan resultados del secado solar de granos durante el otoño en la Pampa Húmeda. El sistema de secado es análogo al descrito en la reunión anterior/1/. El colector actual es metálico, conservándose la simplicidad del diseño. El sistema de distribución del aire en el silo de ha modificado. Los primeros ensayos corresponden a maíz, de 20,3% de humedad inicial. Al cabo de siete días la humedad descendió a 14,5%, que es lo pedido por la Junta Nacional de Granos para una recepción conforme. Dos primeros días con muy baja insolación y lluvias intermitentes, sumados a una aereación poco eficiente crearon una situación propicia para el desarrollo de microorganismos("verdín"). Luego de aumentar los orificios de circulación del aire, se repitieron los ensayos con maíz de una humedad inicial de 16,5%. El valor apto para entrega se obtuvo al cabo de dos días de buena radiación. Los ensayos con soja redujeron la humedad del grano de un tenor inicial de 16,1% a uno de alrededor de 13% en 4 días. Se describen además estudios comparativos de campo y laboratorio, empleando distintos tipos de aereaciones, así como otros sistemas en etapa de proyecto o construcción.

SOLAR DRYING OF CORN AND SOJA#

Abstract

Results are given for the solar grain drying in autumn in the humid pampas. The systems is similar to that described in the previous workshop (1) . Now the collector is of galvanized iron, retaining its simplicity of design. The air distribution systems has also been modified. The first test were on corn with an initial moisture content of 20,3%. After seven days the National Grain Board acceptance requirement of 14,5 % moisture content was obtained . Two first days rainy having very low radiation level, plus an inadequate aereation operation provided suitable conditions for the development of micro-organisms ("verdín"). After increasing the aereation holes , test were repeated with with 16.5 % initial moisture. After two clear days, the adequate value was obtained. In soja of 16.1 % initial moisture, 4 days of operation reduced it to a mean value of 13 %. Field and indoor comparative test with different aereation systems are presented, as well as other systems under construction or design.

* Trabajo parcialmente financiado con fondos del Programa Nacional de Energía No Convencional(SECYT).

* del Observatorio Astronómico Municipal, Rosario.

† del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

1. Introducción

En un trabajo anterior /1/ se dieron los fundamentos generales del secado solar de granos. En el mismo se describió además el primer sistema construido y su ensayo con soja, en el período invernal de 1978. Los resultados obtenidos mostraron que el secado solar es factible en la Pampa Húmeda, aún en invierno y bajo condiciones climáticas desfavorables. Ello es importante, porque es en esa región donde se producen la mayor cantidad de granos del país, siendo una de las principales zonas graníferas del mundo.

En el presente trabajo se describen las sucesivas modificaciones introducidas en el colector y en el silo, las mediciones realizadas en cada experiencia y las correspondientes conclusiones obtenidas. Se dan además datos logrados con un silo de laboratorio (capacidad aproximada 200 Kg). Finalmente se presentan diseños en etapa de proyecto o construcción y se analizan las actividades futuras.

2. Modificaciones Introducidas en el Sistema de Secado

A fines de 1978 se construyó un tercer colector, que, a diferencia de los anteriores es de chapa galvanizada acanalada de 0,98 mm de espesor. Detalles constructivos y análisis de la operación de este colector se dan en /2/. Debe citarse sin embargo que, pese al cambio de material, se retienen las características básicas de los otros modelos: costo reducido, simplicidad de construcción y versatilidad de uso. Careciendo de cubierta superior y de aislación, los gastos de mantenimiento son mínimos.

En el primer ensayo el silo no se modificó. La aereación se logra mediante tubos perforados de P.V.C., ubicados de manera tal de lograr una distribución uniforme del aire. Previo al segundo ensayo, se agrandaron los agujeros de dichos tubos a fin de aproximarlos a la relación usual entre área de los agujeros de aereación y de los conductos /3/. Además, se agregó un conducto central, también de P.V.C., pero de 10 cm de diámetro, perforado, con el objeto de mejorar el secado en la zona central del silo. Con la misma disposición se efectuó el tercer ensayo.

Posteriormente se modificó tal disposición a fin de comparar, en ensayos de campo, el secado a bajas temperaturas por tubos verticales con el más usual de piso perforado /4/, /5/. Se retiraron los tubos de P.V.C. y se colocó, paralelamente al piso, y a 3 cm del mismo, un sobrepiso de chapa de acero perforada con agujeros de 35 mm de diámetro, que equivalen a un 45% del área total. El silo con esta disposición se ensayará en los próximos meses.

3. Ensayos y Mediciones

Se presentan tres de los ensayos efectuados. El primero, con maíz y en carácter de prueba, fué realizado entre el 19 y el 31 de marzo de 1979. En el mismo se midió la evolución del contenido de humedad, W. Fué determinado según Normas I.R.A.M. /6/. El método consiste en moler el grano hasta una granulometría perfectamente definida, pesándolo antes y después de haberlo secado durante una hora a 130 C, en un horno estabilizado y con circulación de aire. Por sugerencia de uno de los propugnantes de la Norma /7/, en los casos de granos muy húmedos se realizó una doble pesada adicional, antes y después de un secado previo al molido. Esta operación tiene por objeto eliminar errores sistemáticos originados por la evaporación de agua durante el proceso de molienda. Las mediciones de humedad se hicieron a las 17, hora local, en cuatro puntos del silo: Lateral Inferior (LI), ubicado a 10 cm del borde y 10 cm por encima de la parte superior del cono inferior del silo; Lateral Superior (LS), a igual distancia del borde pero a 20 cm por debajo del nivel superior del grano; Central Inferior (CI), a la misma altura que LI pero a 25 cm del eje vertical del silo y Central Superior (CS), a la misma altura que LS y a idéntica distancia al borde que CI.

En esta experiencia el grano fué cargado el 19 de Marzo a las 16 horas y el sistema se hizo operar desde las 9 hasta las 19 horas del día siguiente, cuando comenzó una lluvia intermitente que se prolongó los días 21 y 22. Por tal motivo, el operador no extrajo muestras ni hizo funcionar el equipo en dicho lapso. El ventilador volvió a conectarse el 23 a las 9 horas, funcionando sin interrupción hasta las 19 horas del día 26. Al día siguiente el sistema operó desde las 9 hasta las 19 horas. En la Tabla I se indican los contenidos de humedad W (base húmeda), obtenidos en los cuatro puntos descriptos más arriba. Al final de la misma, aparecen los valores de las 19 horas del día 30 y de las 9 horas del 31. En ese período, el equipo se dejó funcionando para estudiar la rehidratación nocturna. La noche de este ensayo fué comparativamente cálida y moderadamente seca.

En el período 23-26 de Marzo, el equipo se dejó andando durante la noche con el doble propósito de enfriar el grano y permitir su recuperación biológica. Se observa de la Tabla I que en esos días la hidratación nocturna es más importante que el secado diurno. Este se pone de manifiesto en el período 26-27, en el cual el contenido de humedad baja, en promedio un 3,6%. En la operación nocturna del 30-31, el aumento de humedad alcanza al 0,85%, aún en las condiciones favorables antes citadas. En conclusión, resulta aconsejable un análisis cuidadoso de este proceso a fin de determinar, en base a las condiciones ambientales nocturnas, si es en definitiva beneficioso o no la aereación del grano durante la noche.

La recepción conforme por parte de la Junta Nacional de Granos (W=14,5%) se obtiene al cabo de siete días de colocado el cereal, con cinco de operación efectiva. Como se expresó antes, este tiempo puede reducirse con una mejor operación del

conjunto.

Al analizar en detalle el grano, en la descarga, se notó en ciertas zonas la presencia de moho ("verdín"). Ello se debe a dos factores: la no aereación del grano húmedo durante dos días consecutivos y a un proceso de secado lento en dichas regiones del silo.

Tabla I. Evolución del Contenido de Agua (W) en distintas zonas del silo (Ver texto).

Día	C.I.	C.S.	L.I.	L.S.
19/3	20,3	20,3	20,3	20,3
20/3	19,8	19,7	18,6	18,5
21/3	----	----	----	----
22/3	----	----	----	----
23/3	18,2	18,2	18,6	18,0
24/3	19,7	17,9	19,8	18,8
25/3	18,9	17,4	17,8	17,6
26/3	20,1	18,8	18,8	18,9
27/3	15,3	13,3	15,6	18,0
----	----	----	----	----
----	----	----	----	----
30/3	8,8	9,4	11,9	11,0
31/3	9,2	9,6	13,1	12

El segundo ensayo, también con maíz, se efectuó entre el 18 y el 26 de Abril de 1979. A las mediciones de humedad tomadas en los puntos antes indicados, pero a las 9 y 17 horas, se agregaron los siguientes registros:

- De humedad relativa y temperatura ambiente y radiación sobre un plano horizontal, además de lecturas de presión atmosférica. Se trata de datos aportados por la Estación Agrometeorológica de la Facultad de Cs. Agrarias, U. N. de Rosario (Zavalla).
- Temperaturas en el colector y en el silo. Las primeras, obtenidas a través de termocuplas conectadas a un registrador multicanal. Las del silo, mediante los sensores, selector y registrador descriptos en /1/.
- Humedad relativa ambiente en la parte superior del silo. Mediante ella y las condiciones de entrada del aire al silo, puede determinarse el estado termodinámico del aire húmedo a la salida del grano, aceptando la hipótesis usual de un proceso cuasi-isoentálpico.

En la Figura 1 se muestra la evolución de W en los cuatro puntos de medición. De ella se deduce que el secado

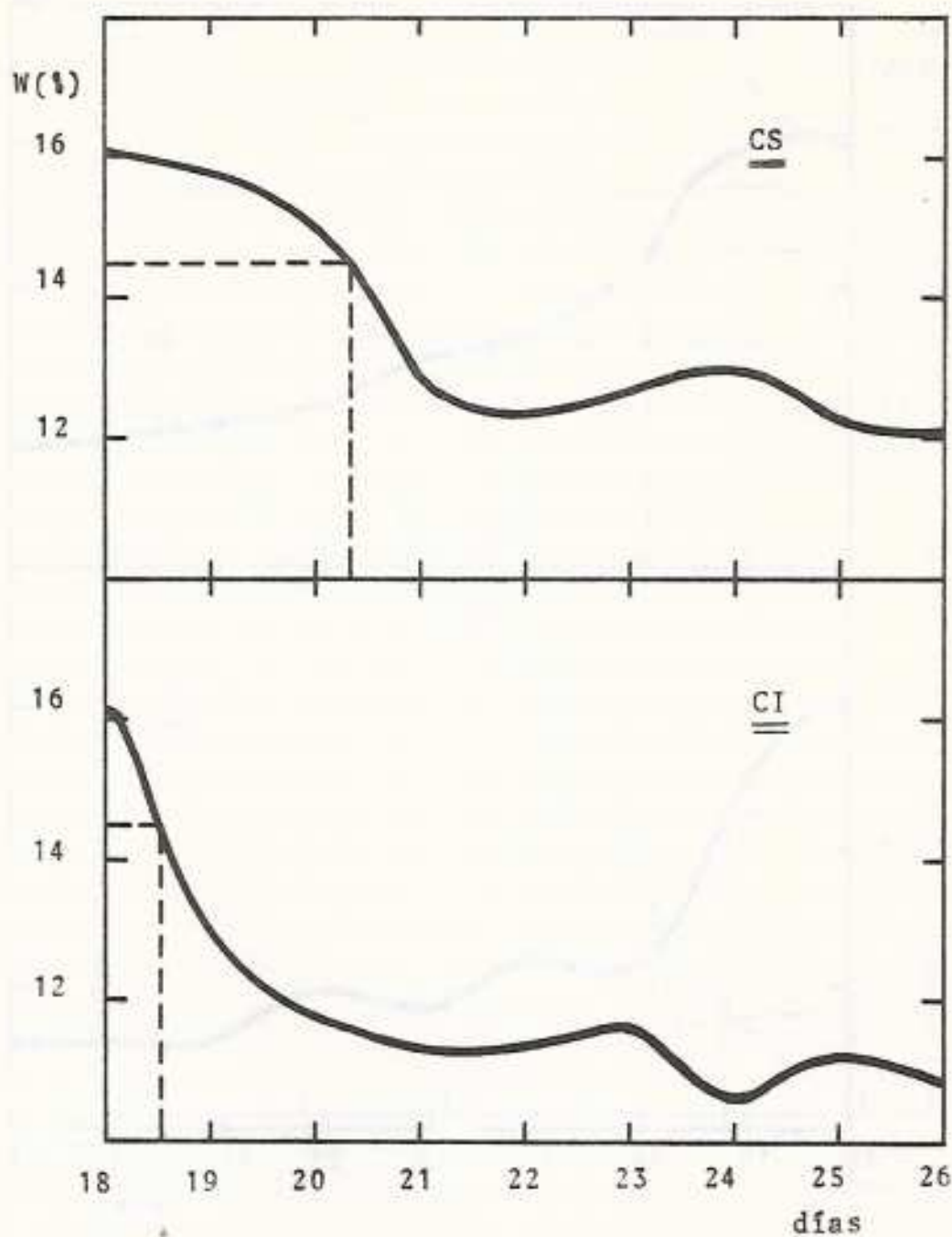


Figura 1. Evolución del Contenido de Agua (W) del Maíz en las Zonas: Central Superior (CS) y Central Inferior (CI).

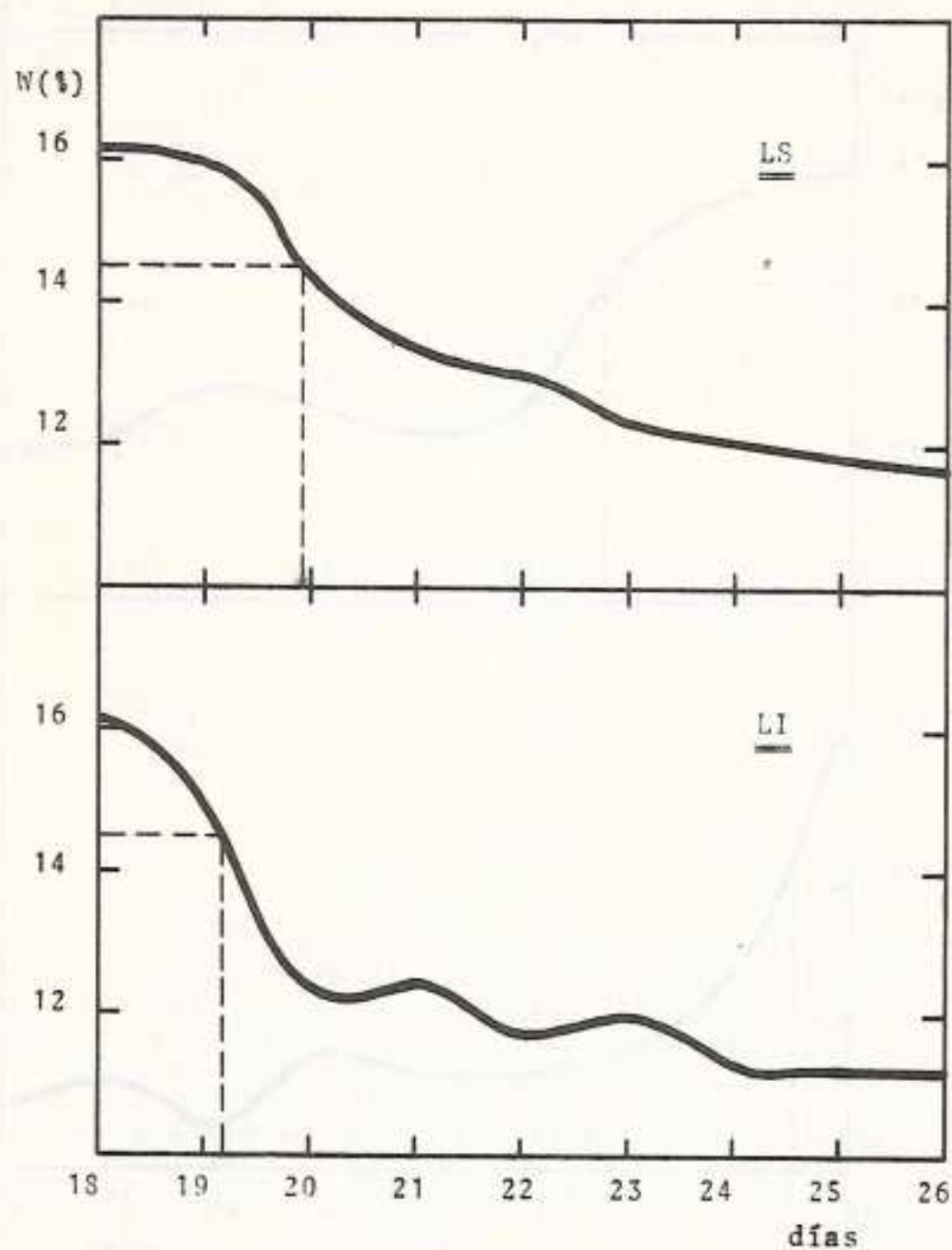


Figura 1 (Continuación). Evolución de W para las Zonas: Lateral Superior (LS) y Lateral Inferior (LI)

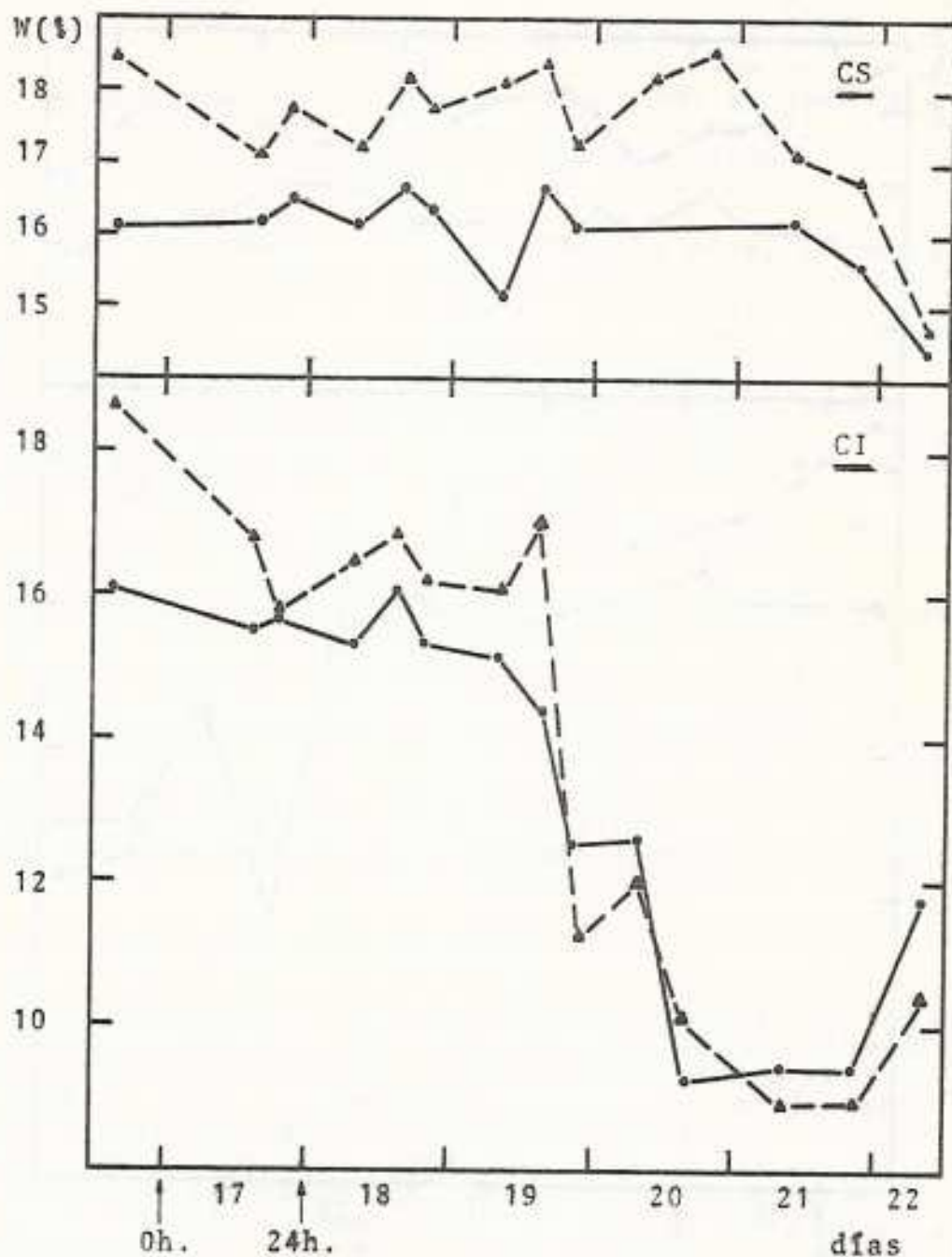


Figura 2. Evolución del Contenido de Agua (W) de la soja en las zonas: Central Superior (CS) y Central Inferior (CI). La línea continua indica valores determinados por el método IRAM y la de trazos los obtenidos con el cerealómetro. Los puntos medidos se han unido mediante rectas para una mejor percepción visual.

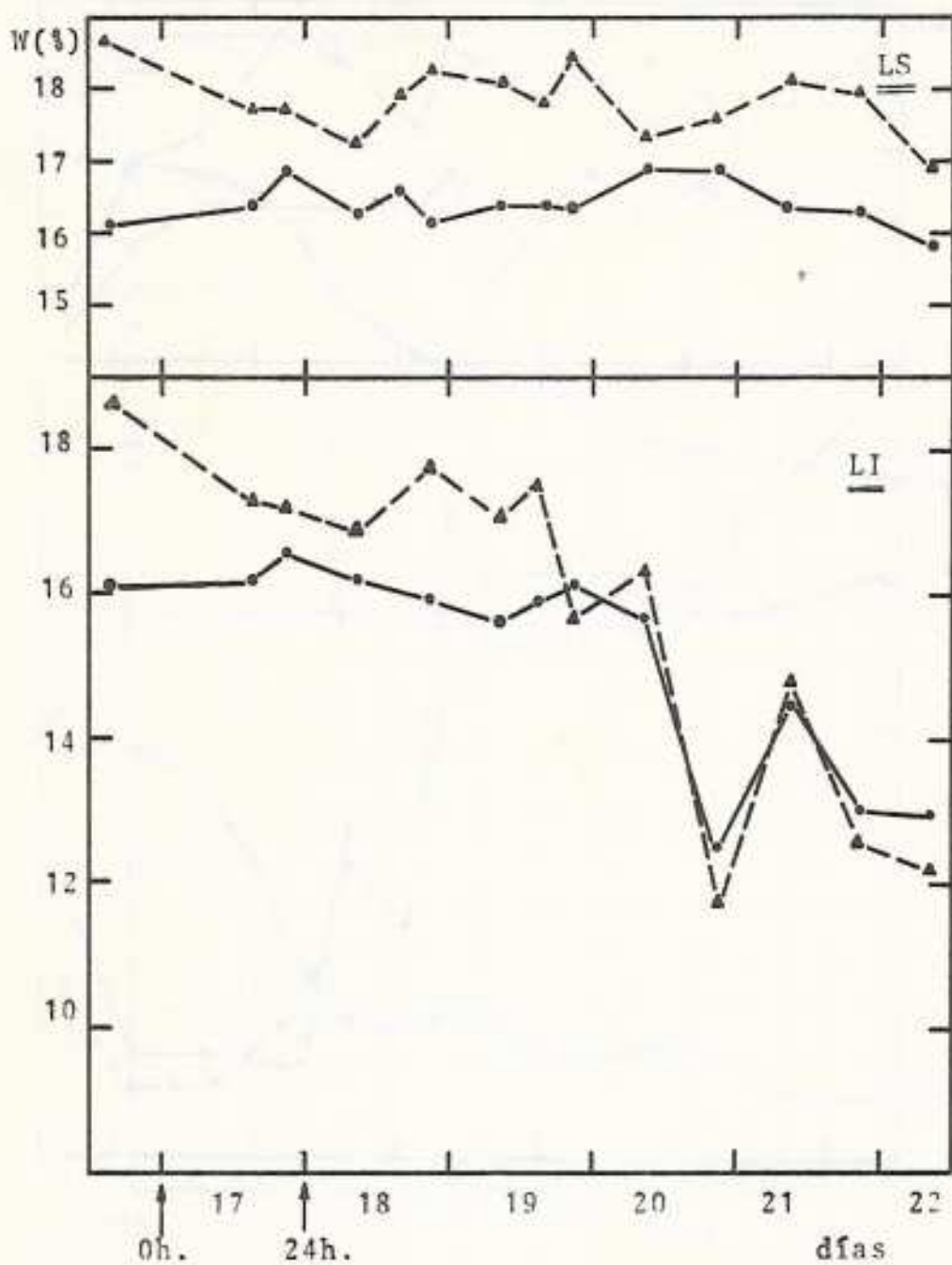


Figura 2.. (Continuación). Evolución de W para soja en las zonas: Lateral Superior (LS) y Lateral Inferior (LI)

se produce con mayor rapidez en la zona inferior que en la superior, sobre todo en la parte central. Ello posiblemente se deba a que las muestras del nivel superior, han sido extraídas de una región ubicada por encima de la parte terminal de los tubos donde, como se mostrará a través de los ensayos de laboratorio, la temperatura del aire es baja, siendo por lo tanto previsible un secado menos efectivo. En este segundo ensayo, la condición de entrega conforme se obtiene al cabo de dos días de buena insolación.

El tercer ensayo, correspondiente a soja, se desarrolló entre los días 16 y 22 de Mayo de 1979. A las mediciones anteriores, se agregaron las de presión y temperatura en el cono superior del silo, para corroborar la hipótesis de isoentálpia admitida antes. Además de emplear el método I.R.A.M., el valor de N se determinó en campo a través de mediciones con un cerealómetro conductimétrico. Si bien este equipo es menos exacto, da lecturas inmediatas del contenido de agua, permitiendo una evaluación del proceso en tiempo real.

El día 16 se cargó el grano, conectándose el equipo a las 9 horas del 17. El mismo se hizo operar en forma continua hasta las 19 horas del día 19. No se operó durante la noche de los días 19-20 y 20-21, pero sí se lo hizo en la correspondiente a los días 21-22, observándose allí claramente el proceso de hidratación nocturna. Como en la primera de las experiencias con maíz, se notan oscilaciones cuando el equipo opera en forma continua y un secado efectivo cuando sólo se realiza una circulación diurna del aire a través del grano. Nuevamente la reducción de N es mucho más lenta en el nivel superior. Además, comparando con los ensayos de maíz, se nota un secado **relativamente mas lento**, mostrando una **evolución** distinta para ambos tipos de granos.

4. Equipo de Simulación de Laboratorio

Con el objeto de estudiar en mayor detalle la distribución de temperaturas y movimiento del aire, se construyó un sistema de unos 200 Kg de capacidad para operar en laboratorio /8/. El silo, cilíndrico, está lateralmente cerrado con tejido metálico, pudiéndose variar con facilidad las condiciones de contorno del conjunto. El fondo del silo puede cambiarse, a efectos de ser operado tanto por piso como por caño secador. El aire entra a través de un conducto, siendo impulsado por un ventilador axial de velocidad regulable. Un sistema de resistencias calefactoras permite graduar la temperatura de entrada al silo, pudiéndose reproducir situaciones análogas a la de los procesos solares.

Para un mejor control, el caudal se mide por dos métodos diferentes: con un anemómetro de paletas ubicado en el conducto y por el método de Thomas /9/, mediante termocuplas ubicadas antes y después de las resistencias calefactoras. Sobre la superficie lateral del silo se han practicado, cada 2 cm, perforaciones por las cuales se deslizan radialmente termocuplas conectadas a un registrador multicanal. De esta manera, tanto vertical como radialmente se tiene acceso a práctica-

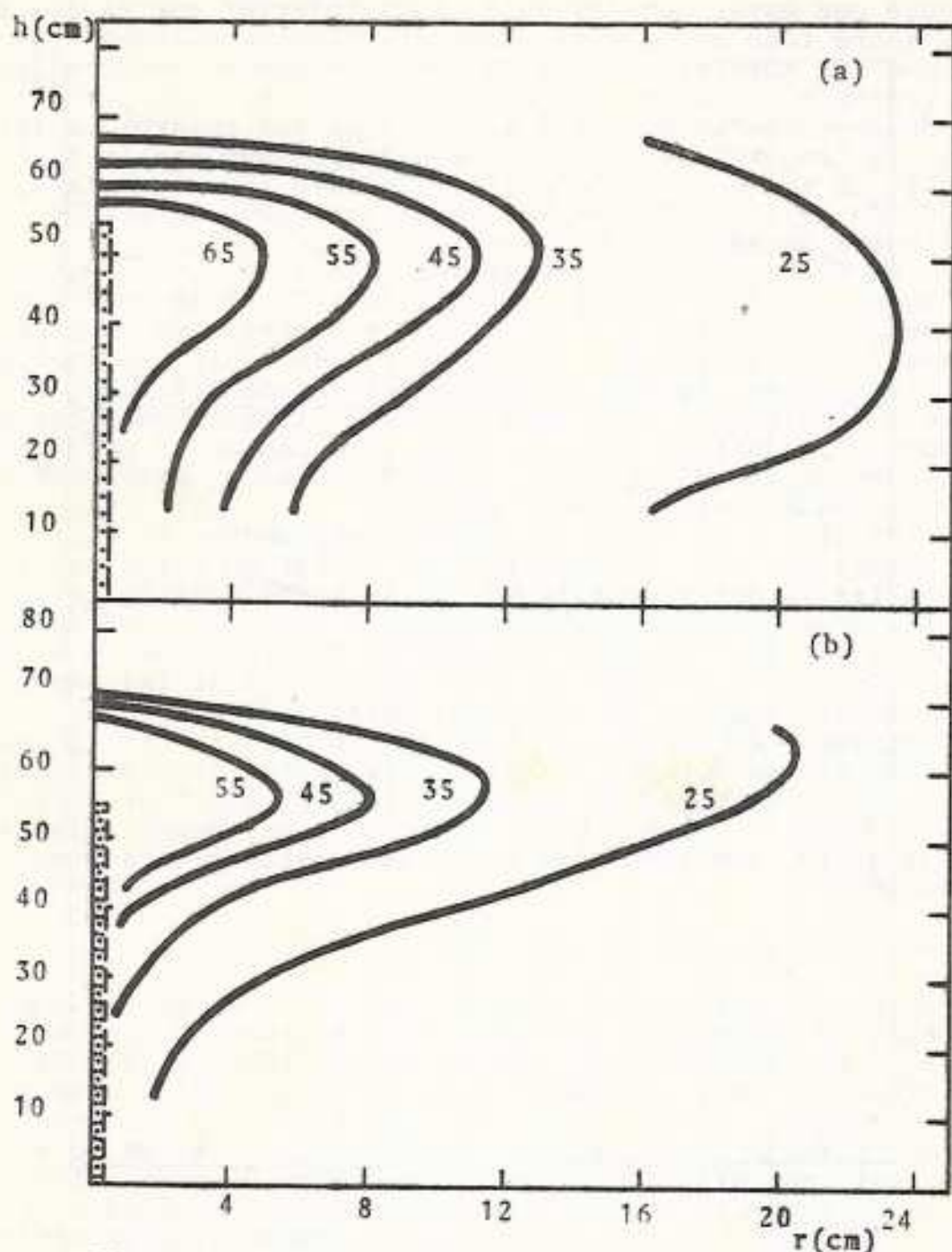


Figura 3. Isothermas de distribución de las temperaturas del aire en el interior de los granos (soja seca) para los valores indicados sobre cada curva en grados Celsius. a) Con tubo perforado de P.V.C. y 2% de área de orificios. b) Con tubo de acero y 45% de área de orificios.

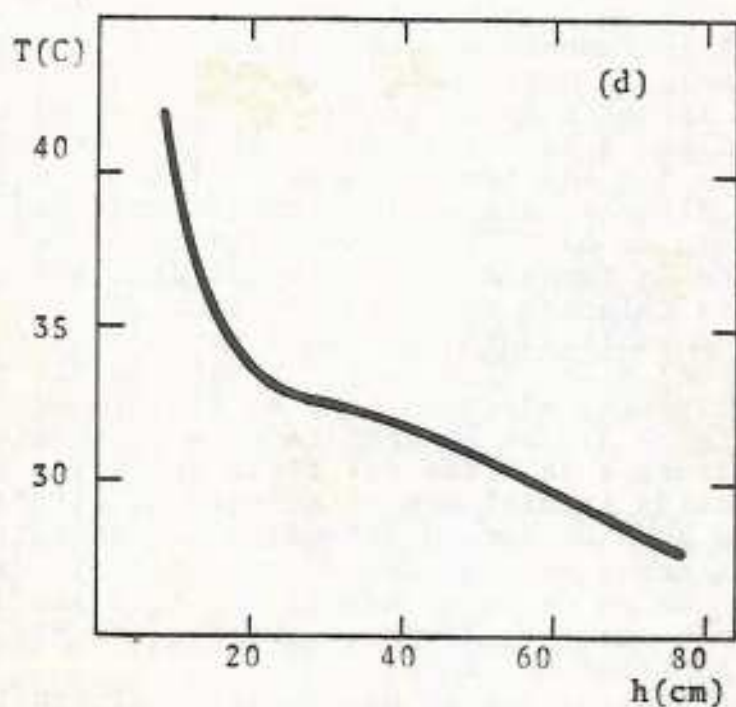
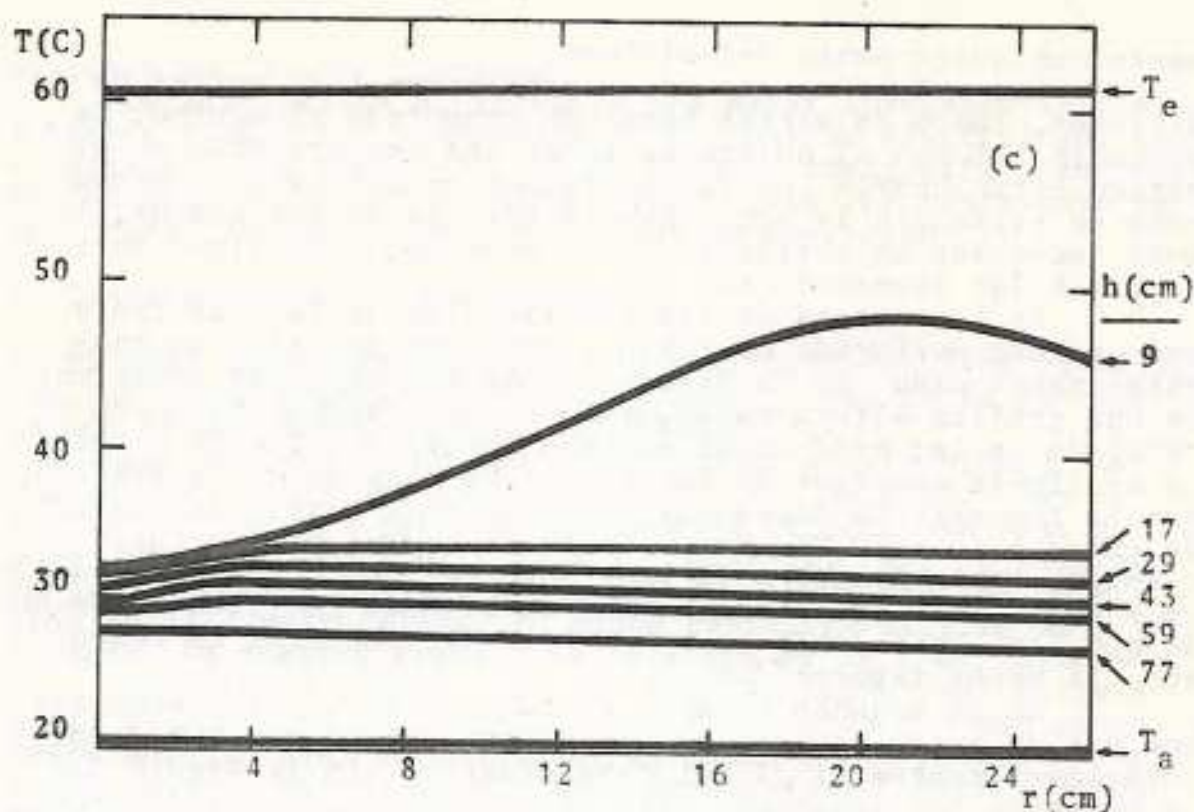


Figura 3. Temperaturas en grados Celsius. c) En función del radio para distintas alturas. d) En el radio medio en función de la altura. T_e y T_a indican temperaturas de entrada y ambiente respectivamente.

mente cualquier punto del sistema.

Con este dispositivo se realizaron tres series de mediciones, luego de varias horas de conectado el equipo. Se procedió así, con el objeto de tomar las temperaturas en el estado estacionario. El largo régimen transitorio observado, pone en evidencia la gran inercia térmica de los granos, lo cual puede ser un obstáculo en un proceso discontinuo de secado a bajas temperaturas.

En la primera de las experiencias de laboratorio, se usó un tubo perforado de P.V.C., retirado del silo de campo antes mencionado. En la Figura 3.a se muestran las isotermas en una gráfica altura-radio, $r=23$ cm corresponde al borde lateral del silo, $h=55$ cm al extremo superior del caño y $h=84$ cm el límite superior de los granos. Se observa de la gráfica, que la temperatura decae muy rápidamente a partir del valor de entrada ($T = 70$ C). Este efecto se reduce para alturas crecientes, hasta llegar a la zona superior del caño, pero vuelve a magnificarse por encima del tubo. Esto confirma el hecho de que las zonas donde se extrajeron las muestras de campo, son las menos favorecidas.

En un segundo ensayo, el tubo de P.V.C. se reemplazó por uno de acero de iguales dimensiones, pero con 45% de perforaciones contra el 2% del caño plástico. En la Figura 3.b se muestran las isotermas para esta disposición. La diferencia básica es la de un corrimiento hacia arriba de las curvas, lo que indica un incremento de temperaturas en la zona superior y un enfriamiento correspondiente en la inferior.

Para el tercer ensayo, hecho con piso secador de chapa perforada análoga a la instalada en el silo de campo, se dan, en la Figura 3.c las temperaturas en función del radio para diferentes alturas, siendo las temperaturas medias de entrada y ambiente de 61 y 21 C, respectivamente. Para $h=9$ cm, la elevación de temperaturas a radios crecientes, se debe a que se había colocado en el centro (zona de ingreso del aire caliente del ventilador), una placa para dispersar el aire en la base del silo. El diseño y tamaño de dicha placa no resultó, obviamente, adecuado para el fin propuesto.

En la figura 3.d se ha graficado la temperatura como función de la altura, a la mitad del radio del silo. Se destaca la brusca caída inicial con el aumento de altura. Por consiguiente, la zona de secado intensivo se concentra en la parte inferior (menos del 20% del volumen total). Es interesante señalar que en parte el efecto del piso secador es opuesto al de caño secador, donde el proceso era más efectivo en la parte superior del tubo.

De estos ensayos surgen dos posibles alternativas para mejorar la efectividad del secado en el silo, por energía solar y a bajas temperaturas:

a) un método estacionario, con un sistema combinado de piso y tubos secadores. Con ello se lograría secar las zonas inferior y superior al mismo tiempo.

b) Un sistema de piso secador, con extracciones periódicas de grano por la parte inferior y la correspondiente re

posición en la zona superior.

La alternativa a) requiere una mayor inversión inicial, debiendo además ser ensayada para evaluar su efectividad. La alternativa b), cuyo éxito se descuenta, implicaría abandonar el concepto de secado en silo estacionario. El movimiento de los granos incrementaría los costos de operación.

5. Comparación con otros trabajos

En el área latinoamericana, se han realizado estudios en Méjico /5/, /10/ y en Brasil /4/, /11/. En Estados Unidos la investigación es más extensa /12/, /13/, /14/, /15/.

Los ensayos en Méjico corresponden a maíz blanco. La humedad se redujo del 19 al 11,6% al cabo de siete días de operación, con una relación de área de colectores/ masa de grano procesado de $5 \text{ m}^2/\text{tonelada}$. En Brasil /4/, se pasa para porotos, del 22 al 15% en dos días, con un área de colección de $13,3 \text{ m}^2/\text{tonelada}$. En ambos casos, se utilizó el piso secador. En nuestro trabajo la relación es de $7 \text{ m}^2/\text{tonelada}$.

En Estados Unidos /15/, el área de colectores variaba entre $0,35$ a $2,65 \text{ m}^2/\text{tonelada}$, para equipos que empleaban hasta unos 20 días en completar el ciclo. Esa relación subía hasta $28 \text{ m}^2/\text{tonelada}$ en sistemas denominados "batch", donde el grano se seca a lo largo de unos siete días, repitiéndose el ciclo varias veces para cada cosecha. La gran dispersión de los resultados obtenidos en los diversos casos se debe, no sólo a las diferentes condiciones externas o granos utilizados, sino también a los variados criterios de diseño seleccionados en cada caso. No se ha detectado en la literatura un estudio comparativo detallado que permita optar, racionalmente, entre un secado más o menos prolongado variando el área de colector, el caudal de aire o los otros factores que afectan al proceso.

En lo referente a las inhomogeneidades el secado, han sido también observadas por otros autores /4/. En Méjico los ensayos se efectuaron con capas muy delgadas de maíz (entre 2,5 y 25 cm), donde el fenómeno no es claramente detectable. En Estados Unidos no se ha dado información al respecto.

Del análisis de los trabajos anteriores, se deduce que debe aún racionalizarse el diseño de los sistemas de secado solar de granos. La falta de detalle en muchos de los trabajos parece indicar que se está aún en la etapa empírica, apareciendo el sistema ensayado como el resultado de una serie de ensayos particulares previos. El sistema debe optimizarse en base, entre otros, a los siguientes parámetros:

- a) Área de colección por tonelada de cereal.
- b) Caudal de aire por tonelada de cereal.
- c) Costo del secado (incluyendo gastos de construcción, operación y mantenimiento) por tonelada de cereal.

6. Sistemas Proyectados o en Construcción

Como primer paso a una aplicación industrial, se ha diseñado un prototipo para secado de semillas, con capacidad para tratar 10 toneladas por vez. El colector, análogo al descrito en /2/ tiene 70 m² de superficie. Los ensayos se efectuarán en la zona productora de Venado Tuerto (Santa Fe).

Otro esquema de trabajo es el de un acoplado silero con conductos de secado horizontales, acoplable a un colector fijo. El diseño del mismo ha sido completado.

Para el Campo Experimental Villarino (de la Facultad de Cs. Agrarias, U. N. de Rosario) se diseñarán sendas plantas para secado de semillas de hortalizas y de zapallo.

7. Conclusiones y Perspectivas

En regiones de clima relativamente húmedo los ensayos indican un proceso importante de rehidratación al realizar una ventilación nocturna. Este efecto puede, eventualmente, superar el secado diurno, principalmente en las últimas etapas del proceso.

Es bastante difícil lograr un secado homogéneo dentro del silo. Un sistema adecuado a tales efectos no ha sido aún concretado, siendo uno de los objetivos futuros básicos avanzar en este sentido.

Luego de más de un año de experiencia en campo, se ha concluido que las mediciones deben concretarse a valores globales significativos para el proceso. Los registros más detallados, destinados a establecer comparaciones con modelos teóricos o para analizar con mayor precisión el sistema, deben efectuarse en condiciones más controladas de operación o directamente en laboratorio.

Además es importante, en los ensayos de campo, pasar del sistema actual (de aproximadamente una tonelada) a otro de una capacidad de 10 a 100 toneladas, por ser estos los valores usuales en las instalaciones de campaña.

Es menester establecer un modelo teórico correcto. Hasta el presente, en la literatura se acepta un proceso de difusión pura / 5/, /16/. Debe en cambio considerarse un proceso simultáneo de transferencia de masa y de energía, lo cual implica usar las ecuaciones de Babukha y Shraiber / 17/, obtenidas a partir de las de Luikov /18/, tal como se hizo para frutos /19/.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración prestada por el personal técnico de la Facultad de Cs. Exactas e Ingeniería (U.N. de Rosario). Se destaca asimismo la colaboración prestada, mediante el suministro de granos, por la Cooperativa Agrícola E. Villarino de Zavalla (Santa Fe). También se señala la gestión realizada por el Ing. A. De Giacomi para la concre-

ción del proyecto industrial en Venado Tuerto.

Referencias

- /1/ M. A. Lara, A. Cortés, R. Gaspar y R. D. Piacentini. "Secado Solar de Granos". A publicarse en Actas de la 4^o Reunión de Trabajo de ASADES (La Plata, 1978).
- /2/ A. Cortés y R. D. Piacentini. "Colectores Solares de Aire de Diseño Simple". Comunicación a la 5^o Reunión de ASADES (Córdoba, 1979).
- /3/ K. Thieleman. "Conservación de Granos a Granel". Cuaderno de Actualización Técnica N^o 20 de AACREA (1977).
- /4/ G. Roa e I. C. Macedo. "Grain Drying in Stationary Bins with Solar Heated Air". Solar Energy, 18, 445 (1976).
- /5/ J. Garibay López, F. Muñoz Gutierrez y R. Zárate Parduales. "Secado Solar de Granos. Informe de Avance". U. N. Autónoma de México (1977).
- /6/ Norma I.R.A.M. 15-850. "Método Práctico para Determinar el Contenido de Humedad". (1973).
- /7/ J. Hack. Comunicación Privada.
- /8/ M. A. Lara. "Equipo de Laboratorio para Ensayo de Secado de Granos en Silo". Informe Técnico. Grupo de Energía Solar. Facultad de Cs. Exactas e Ingeniería. U. N. de Rosario (1979).
- /9/ A.S.H.R.A.E. "Handbook of Fundamentals". (1977).
- /10/ J. Fernández Zayas, F. Muñoz Gutierrez, J. Garibay López y R. Zárate Parduales. "Secado Solar de Granos. Informe Final" U. N. Autónoma de México (1977).
- /11/ L. Villa, G. Roa y G. Villalobos. "Secagem Solar e Natural de Sementes em Silos". 2^o Congreso ALES (Paraíba, 1978).
- /12/ G. Meyer, H. Keener y W. Roller. "Solar Heated Air Drying of Soybean Seed and Shelled Corn. I. Experimental Results". A.S.A.E. 1975 Meeting, (U. California at Davis, U.S.A., 1975).
- /13/ R. V. Morey, H. A. Cloud y W. W. Nelson. "Field Evaluation of a Solar Energy Grain Drying System". A.S.A.E. Winter Meeting 1975 (Chicago, U.S.A., 1975).
- /14/ H. H. Converse, G. H. Foster y D. B. Sauer. "Low Temperature Grain Drying with Solar Heat". Transactions A.S.A.E., 21, 171 (1978).
- /15/ G. H. Foster y R. M. Peart. "Solar Grain Drying. Progress and Potential". Agricultural Information Bulletin N^o 401 (1976).
- /16/ D. B. Brooker, F. W. Bakker-Arkema y C. W. Hall. "Drying Cereal Grains". The AVI Publishing Co., (1974).
- /17/ G. L. Babukha y A.A. Shraiber. "Interphase Heat Transfer in Polydisperse Gas Suspension Flows". Comunicado a la International Heat and Mass Transfer (Tokyo, 1974).
- /18/ A. Luikov y Y. Mikhailov. "Theory of Energy and Mass Transfer". Pergamon Press (1965).
- /19/ R. D. Piacentini y M. Combarous. "Modelisation du Sechage de Fruits. Application aux Sechage Solaire de Prunes". Rev. Int. d'Helio-technique, COMPLES, 2^o Sem 1978, p. 44.