

# EXPERIENCIAS EN SECADO DE FRUTAS Y HORTALIZAS CON ENERGIA SOLAR

Jacand, A; Barral, R; Marsili, R; Garcia, M<sup>a</sup>; Silvestre, C; Fernández, R; Lanzelotti, J.

Grupo de Energía Solar de la Universidad Nacional de Luján.  
Casilla de Correo 221, 6700 Luján.

## Resumen

Durante la campaña de secado con energía solar de 1977-78, se puso en funcionamiento un secadero ayudado por colector plano de aire y lecho de piedra. El nuevo sistema, diseñado para mayor capacidad de secado otorgó resultados satisfactorios. Fueron probadas diferentes variedades de ciruelas, duraznos, manzanas, higos y acelga, determinándose las variedades más adecuadas para secar. Se presentan como resultado los tiempos de secado, valores de temperatura y humedad en varios puntos del sistema, pesos secos obtenidos y comportamiento general del equipo. El secadero anterior, de tipo Sirio, fue modificado para prueba de cobertura con fiber-glass. Se describen los resultados de análisis físico-químicos sobre los productos secados. Una futura etapa, para secado semi-industrial es descripta brevemente.

## Abstract

During the 1977-78 solar energy drying campaign a solar dryer boosted with an air flat plate collector was tested. A new solar system was designed for a bigger dryer capacity, giving satisfactory results. Different species of plums, apples, peaches, figs and salt-wort were tried, and the most adequate varieties to dry were determined. Results, such as drying times, temperature and humidity values for different points of system, are presented. A first Sirius type solar dryer was modified, to test fiber-glass cover sheets. Chemical analysis made on the products are describe. A future step to build a semi-industrial dryer is briefly sketched.

## Introducción

Teniendo en cuenta los antecedentes socio-económicos - productivos de la zona de influencia de la UNLu, así como también los resultados publicados, se continuó desarrollando el proyecto de aprovechamiento racional de la energía solar.

Demostrada la factibilidad del secado en la pampa húmeda, utilizando exclusivamente la energía solar como una importante y útil fuente de calor

---

\* Investigadora de la CNEGH

trató de determinar otros parámetros auxiliares y complementarios. Para ello se plantearon varios interrogantes, a los cuales se intentó dar respuestas válidas, y en algunos casos alternativas. Estos interrogantes tomados como objetivos de esta etapa del proyecto de investigación fueron:

- 1.- Determinar que especies y variedades frutícolas son las más adecuadas para secar.
- 2.- Ampliar el período de aprovechamiento del secadero utilizando distintas materias primas.
- 3.- Aplicar nuevos recursos técnicos al secadero para incrementar su eficiencia, tales como: colector plano, lecho de piedra, cubierta de fiber-glass.
- 4.- Realizar un seguimiento de las propiedades físico-químicas de los productos sometidos a desecación.

Para poder concretar el segundo punto se utilizó como materia prima acelga, con lo cual se pudo observar el comportamiento de esta hortaliza durante la desecación. Por otra parte, de este modo se inició la etapa correspondiente a la experimentación con productos hortícolas. Esta nueva etapa también reviste suma importancia, pues el gran cinturón hortícola de Buenos Aires se extiende, y su proyección comprende el partido de Luján. Las estadísticas muestran un incremento constante de la producción hortícola de la provincia de Buenos Aires, fundamentalmente en lo referente a: pimiento, tomate, apio y cebolla.

Por otra parte, también existe la posibilidad de obtener verduras desecadas con destino a la exportación. A título de ejemplo citaremos los valores de hortalizas deshidratadas adquiridas por Brasil a nuestro país, en 1974, en dólares USA: apio: 3.800; cebolla: 104.560; zanahoria: 7.140; espinaca: 3.530; ajo: 134.974; otras: 136.021. (8)

### Materiales y métodos

La descripción de los modelos utilizados, las modificaciones realizadas, metodología y resultados de las campañas 1975/76 y 1976/77 fueron publicadas. (6) (7)

En la campaña 1977/78 la materia prima utilizada, proveniente en su mayor parte de la Estación Experimental de Mercedes, fue sometida a proceso de estandarización mediante el tamañado, limpieza y selección por sanidad y calidad. Luego las muestras fueron pesadas, y deshidratadas y por último empaquetadas y almacenadas. Para lograr un razonable seguimiento fue necesario disponer de materia prima correctamente identificada y fresca; de esta forma los análisis físico-químicos a que fuera sometida fueron fácilmente comparables a los citados por la bibliografía.

En un trabajo anterior (7), anexo 1, figura una descripción técnica

ca-agronómica de las variedades frutícolas utilizadas para desecar, luego de realizados los correspondientes análisis se pudo establecer un orden de mérito por aptitud al secado.

Para determinar algunos parámetros se aplicaron técnicas diseñadas y puestas a punto por la responsable química del proyecto y otras de acuerdo a normas universales.

#### Determinaciones físico-químicas en las frutas

##### 1. Análisis de la fruta destinada al proceso de secado.

###### 1- A Selección

a Duraznos: por tamaño y grado de madurez determinado por penetrometría.

b Ciruelas: por tamaño, desechándose las enfermas y lastimadas, seleccionando aquellas de madurez homogénea

c Manzanas: idem a ciruelas.

###### 1- B Acidez

Realizados en duraznos y ciruelas.

Determinaciones potenciométricas con NaOH 0,1 N, previa agitación de 15' a 1.800r.p.m., expresado como gramos de ácido málico por litro.

###### 1- C Sólidos solubles

Determinados por refractometría a 20 °C, no corregidos por la acidez y leídos en grados Brix en la escala internacional de sacarosa.

###### 1- D Escaldado

Realizado únicamente en duraznos, utilizando NaOH al 3% durante 5' a una temperatura entre 85 y 95 °C con el fin de inactivar peróxidasas y fenolasas.

###### 1- E Pre-tratamiento en ciruelas

Eliminación de pruina con NaClO al 1,5 %.

###### 1- F Sulfitado

Realizado en duraznos y manzanas para impedir el browning no enzimático (condensación de los azúcares con los aminoácidos y proteínas: reacción de Maillard) se trataron con NaSO<sub>3</sub>H al 1,5 % durante 2'.

##### 2. Análisis de la fruta posteriores al proceso de secado.

###### 2- A Humedad

Determinada por la pérdida por desecación a 60 °C durante 3 hs a una presión de -76 cm de Hg en estufa de vacío hasta peso constante.

###### 2- B Acidez

Determinación potenciométrica con NaOH 0,1 N, previa agitación durante 15 minutos a 1.800 r.p.m..

###### 2- C Sólidos solubles

Determinados por extracción acuosa, calentamiento a reflujo y llevados a sequedad en evaporador rotatorio.

## 2- D Tiernizado

Se realizó en ciruelas. Se autoclavó a 1 atmósfera de sobrepresión durante 15'.

## 3. Comparación de los datos de humedad presentados con los hallados de frutas desecadas adquiridas en el comercio.

Para ampliar el período de secado se deshidrató acelga en los meses de mayo, junio y julio. Esta hortaliza fue lavada, seleccionada, separada en láminas y pencas, troceada e introducida en el secadero.

Las variables de estado del sistema fueron determinadas mediante un registrador multipunto de 12 canales. Los termistores calibrados fueron ubicados en los compartimentos, frutos o partes externas de acuerdo a la experiencia programada. Todos estos datos quedaron registrados en una faja continua, la cual fue procesada y presentada en los gráficos insertos en este trabajo.

En el secadero I, modelo Sirio, se registraron las condiciones de secado en tres atmósferas diferentes: Bandeja 1, vidrio; bandeja 2, vidrio y fiber-glass; bandeja 3, fiber-glass. Para ello se introdujo la misma cantidad y calidad de materia prima a secar en cada bandeja y se registró la evolución de la temperatura en cada compartimento y en un fruto de cada bandeja.

La pérdida de humedad se registró por simple diferencia de pesadas. Cuando el fruto perdía el porcentaje de humedad pre-establecido como adecuado se daba por concluida la operación y de esta forma se obtenía el tiempo de secado.

En el secadero II, se registraron las condiciones de secado en los 2 compartimentos, tanto atmosféricas como del fruto. Además se registró la temperatura de salida del aire del colector plano adosado a uno de los 2 compartimentos o al lecho de piedra. También fueron pesados los frutos al entrar y salir del secadero, tanto de las bandejas inferiores como las superiores.

Con estos datos se contrastó la eficiencia de secado de los 2 modelos y sus variantes.

## Resultados

En este trabajo se presentan los resultados de la campaña 1977/78 los resultados de campañas anteriores figuran en los trabajos ya citados.

De acuerdo con la experiencia obtenida en las 3 campañas anteriores y los resultados de los análisis físico-químicos que se consiguen es posible realizar el siguiente orden de mérito por aptitud al secado:

Por especie: Ciruela, manzana, higo y durazno.

Por variedad: Ciruelas: Agen, Sugar, Presidente, Pond's seedling  
Montfort, Golden Japan, Santa Rosa.

Manzanas: Red delicious, Summer delicious, Jonathan, Golden delicious, Granny Smith.

Higos : Negros y blancos

Duraznos: Palora Cling, Plateado, Loadel, Redhaven, -  
Temprano de Mercedes.

Durante el desecado de algunas variedades frutícolas se observó la pérdida de sustancias orgánicas, lo cual hace totalmente descartables esas variedades.

Los análisis físico-químicos, promedios de múltiples determinaciones arrojaron los siguientes resultados:

1- A a. Penetrometría:

Duraznos: Redhaven  $9 \pm 1$ ; Temprano de Mercedes  $10 \pm 1$  kg/cm<sup>2</sup>.

1- B Acidez (gramos de ácido málico/litro)

Duraznos: Redhaven 2,881, Temprano de Mercedes 2,948.

Ciruelas: Agen 2,211.

1- C Sólidos solubles ( gramos de sacarosa/100gr. de fruta fresca)

Duraznos: Redhaven 14 , Temprano de Mercedes 13,6.

Ciruelas: Agen 24.

2- A Humedad (gramos de agua/100 gr. de fruta seca).

Duraznos: Redhaven 19, Temprano de Mercedes 15.

Ciruelas: Agen 19,5, Sugar 18,7 , Montfort 18.

Manzanas: Red delicious 21 , Granny Smith 22,3.

2- B Acidez ( Gramos de ácido málico/litro )

Ciruelas: Agen 8,71 , Sugar 8,65 , Montfort 8,74.

Duraznos: Redhaven 5,2 , Temprano de Mercedes 4,8.

Manzanas: Red delicious 7,7 , Granny Smith 7 .

2- C Sólidos solubles ( expresados en % de fruta fresca )

Duraznos: Redhaven 73 , Temprano de Mercedes 74 .

Ciruelas: Agen 74 , Sugar 75 , Montfort 76.

Manzanas: Red delicious 71 , Granny Smith 69,5.

2- D Tiernizado.

Se consiguió brillo superficial y el tiernizado de la epidermis.

3. Determinación de humedad según 2-A (gramos de agua/100 gr. de fruta seca).

Ciruelas: 20, Duraznos 24 , Manzanas 24 .

La acelga demoró 4 días en secarse, con una pérdida de agua del 92,5% correspondiente al limbo foliar, mientras que las pencas perdieron en el mismo período el 91,5% de agua. El color verde de la lámina foliar se conservó, lograndose un producto de buena presencia, mientras que las pencas presentaron un aspecto fibroso. Es interesante destacar que no se observaron síntomas de marchitez pese a condiciones meteorológicas poco favorables.

Las temperaturas registradas fueron promediadas en cada mes de trabajo, seleccionando para ello 1 o 2 procesos de secado considerados como normales, para luego presentarlas en los gráficos correspondientes.

En el modelo I, Sirio, las temperaturas alcanzadas en el cajón cubierto con fiber-glass fueron inferiores en 3-5 °C con respecto a las alcanzadas en el cajón cubierto con vidrio. Gráfico 1 y 2. Por otra parte las temperaturas de los frutos en las distintas condiciones de secado no presentaron importantes diferencias. Gráfico 1 y 2.

Cuando comparamos el comportamiento del secadero, I y II, observamos que el compartimento cubierto de vidrio del modelo I presentó temperaturas levemente superiores a las registradas en el compartimento del modelo II ayudado por el colector solar. Gráfico III.

En el mismo gráfico se observa el efecto del colector solar en relación al incremento de temperatura de alrededor de 2-4 °C, con respecto al compartimento sin colector solar.

En el gráfico 4, vuelve a repetirse la situación descripta, pero además es dable apreciar la temperatura del aire que aporta el colector al compartimento del secadero. Esta temperatura es un promedio aproximado entre la temperatura del aire que aporta el colector y la existente en el secadero, pues el termistor se encontraba en la salida del colector y no dentro del mismo.

En forma análoga se presentan los resultados obtenidos en el mes de marzo. Gráfico 5.

Las diferencias de temperatura analizadas se vieron reflejadas en porcentajes de pérdida de agua variables para el mismo producto y en el mismo tiempo. Es así que el producto secado bajo cubierta de fiber-glass perdió entre el 2-5 % menos de agua con respecto al secado bajo cubierta de vidrio. Modelo I.

En el modelo II, el compartimento de secado que recibía el aporte de aire caliente del colector secó entre un 3-6 % más rápidamente. Este porcentaje fue determinante en la bandeja inferior, pues evitó el marchitamiento de la materia prima cuando las condiciones climáticas eran poco favorables en las primeras etapas del secado. Cuando el colector plano fue conectado al lecho de piedra, no se determinó diferencia en el porcentaje de pérdida de agua. Las temperaturas internas de los compartimentos muestran que el acumulador de piedra actuó en las primeras horas luego de la puesta del sol, incrementando la temperatura en alrededor de 5 °C.

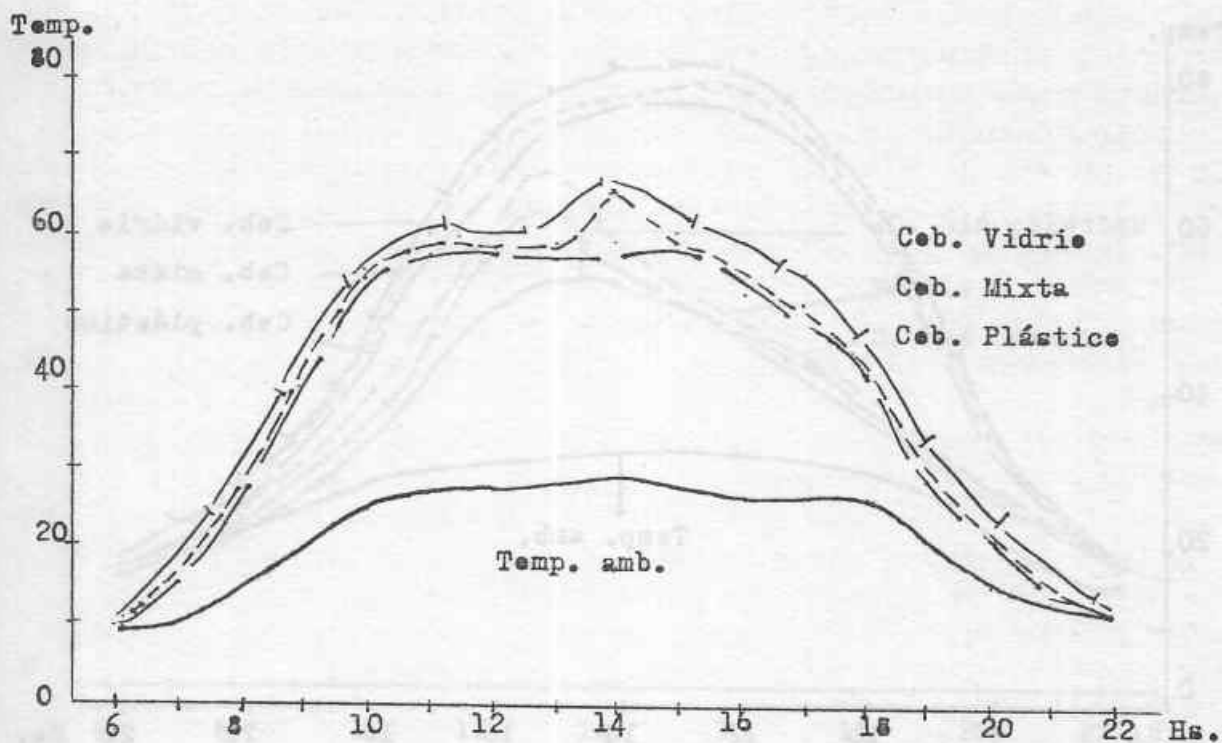


GRAFICO 1: Secadero medelo 1 - "Comparación de temperaturas de distintas coberturas". Noviembre

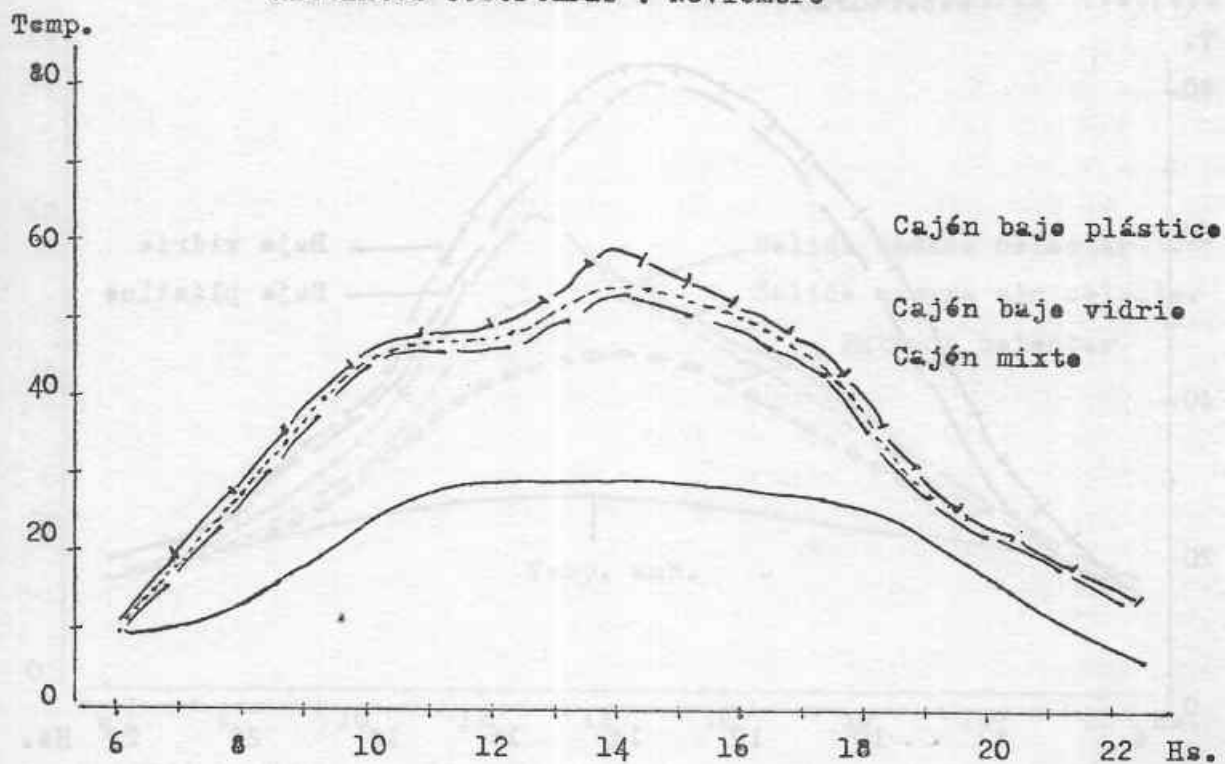


GRAFICO 1': Secadero medelo 1 - "Comparación de temperatura de frute: durazno". Noviembre

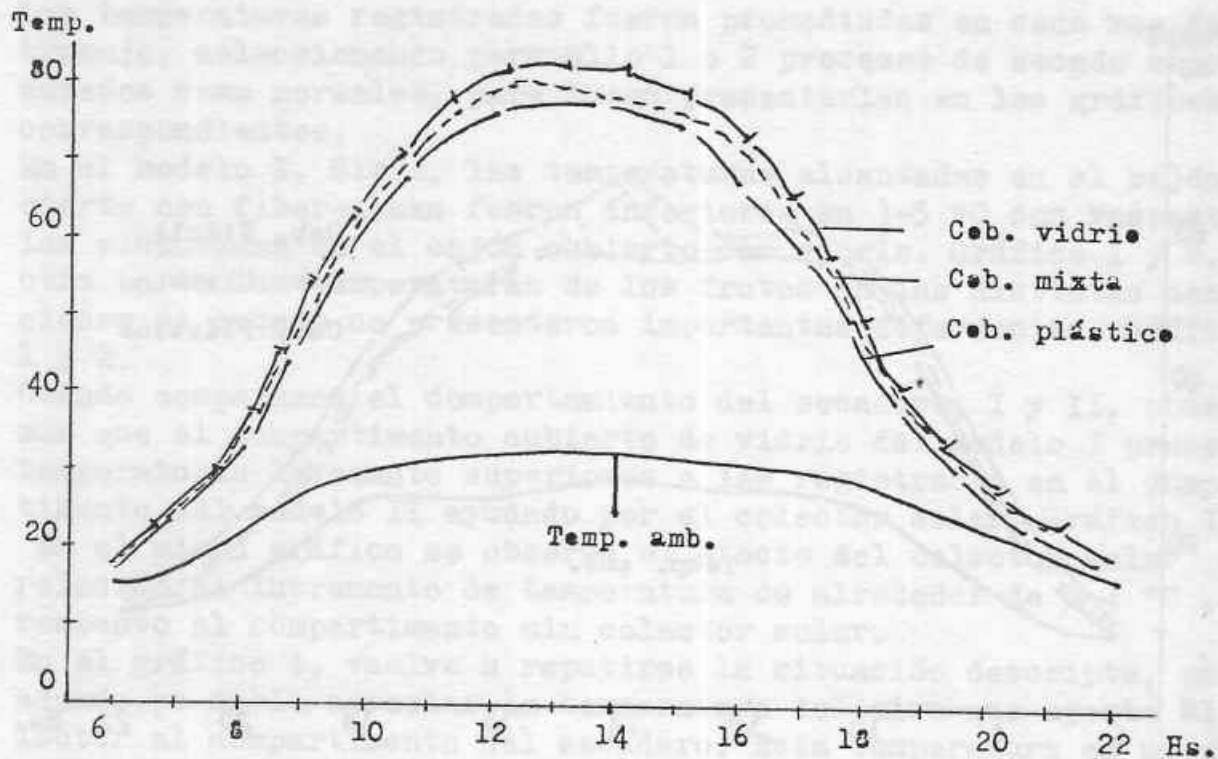


GRAFICO 2: Secadero modelo 1 - Enero - "Comparación de distintas coberturas"

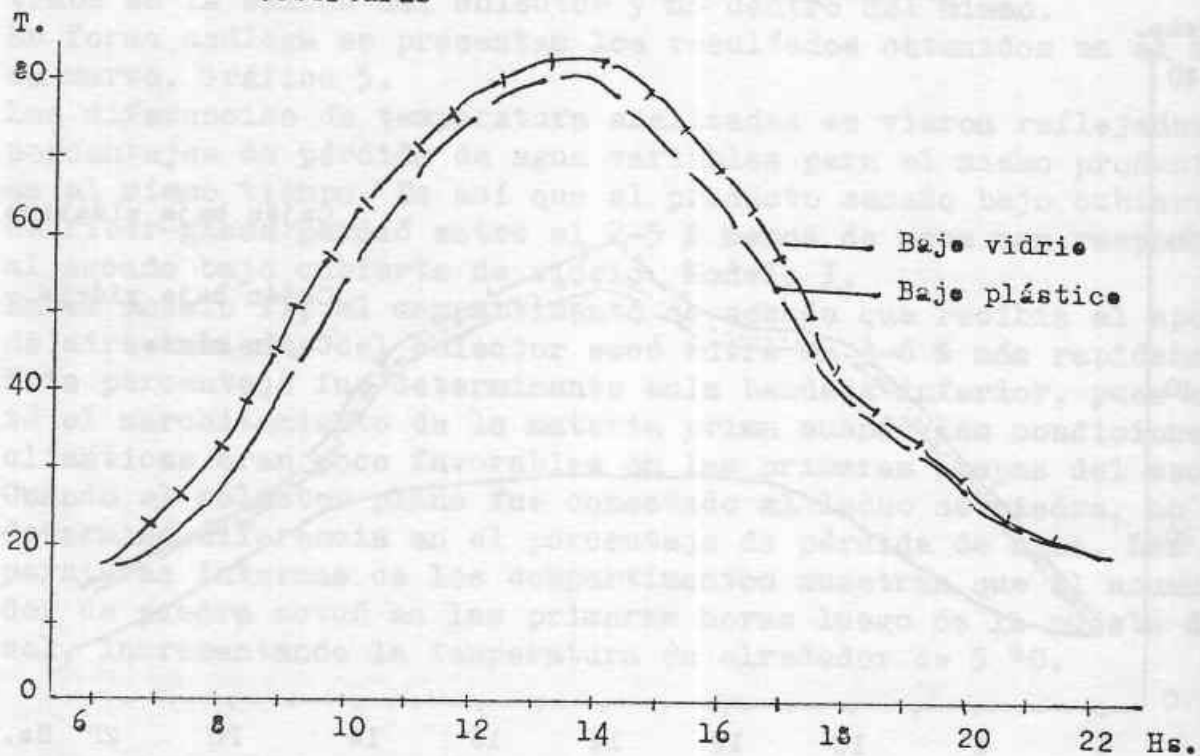
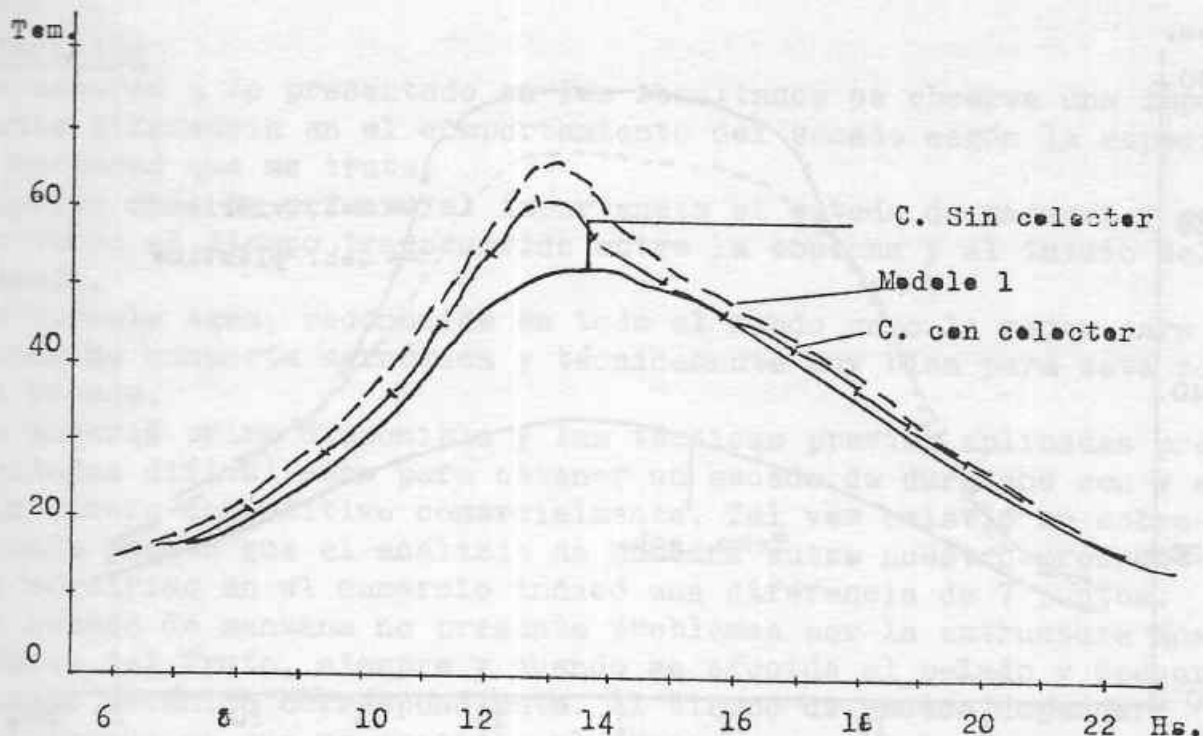
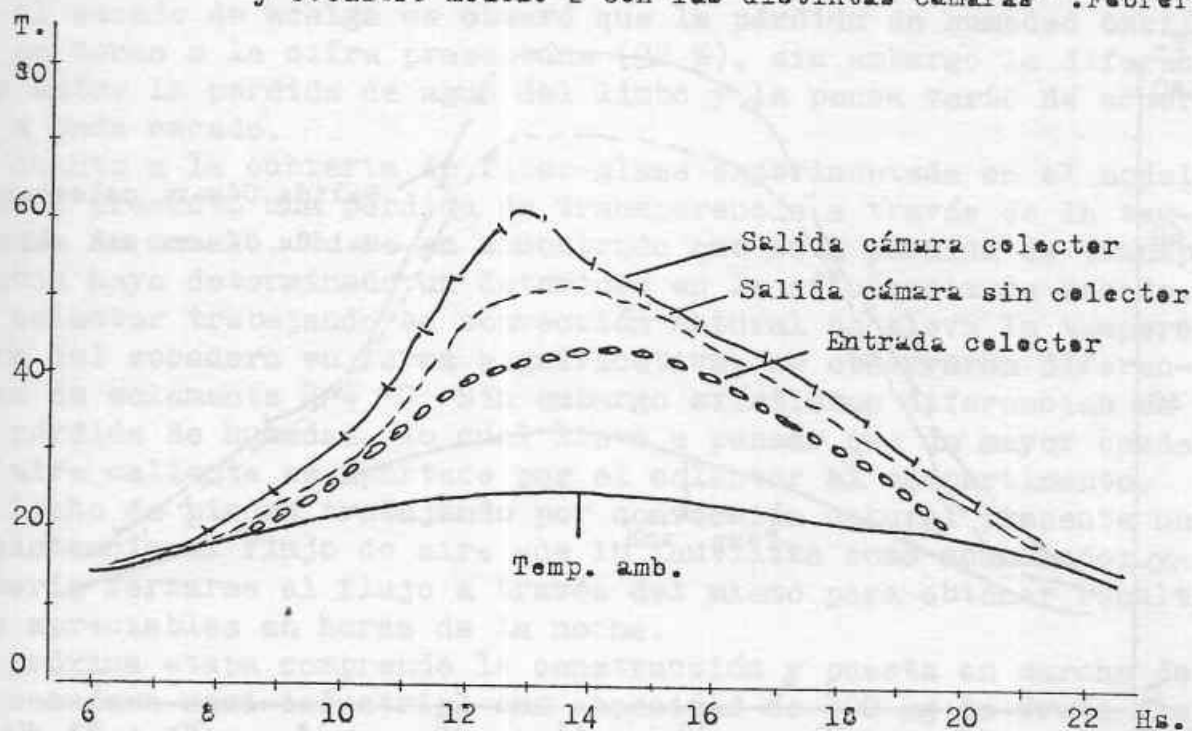


Grafico 2': Secadero modelo 1 - Enero - "Comparación de temperaturas de frute en cubierta de vidrio y plástico"





**GRAFICO 3:** "Comparación secadero modelo 1 con cobertura de vidrio y secadero modelo 2 con las distintas cámaras". Febrero.



**GRAFICO 4:** "Comparación de cámaras con colector y sin colector". Mes de febrero - Secadero modelo 2.

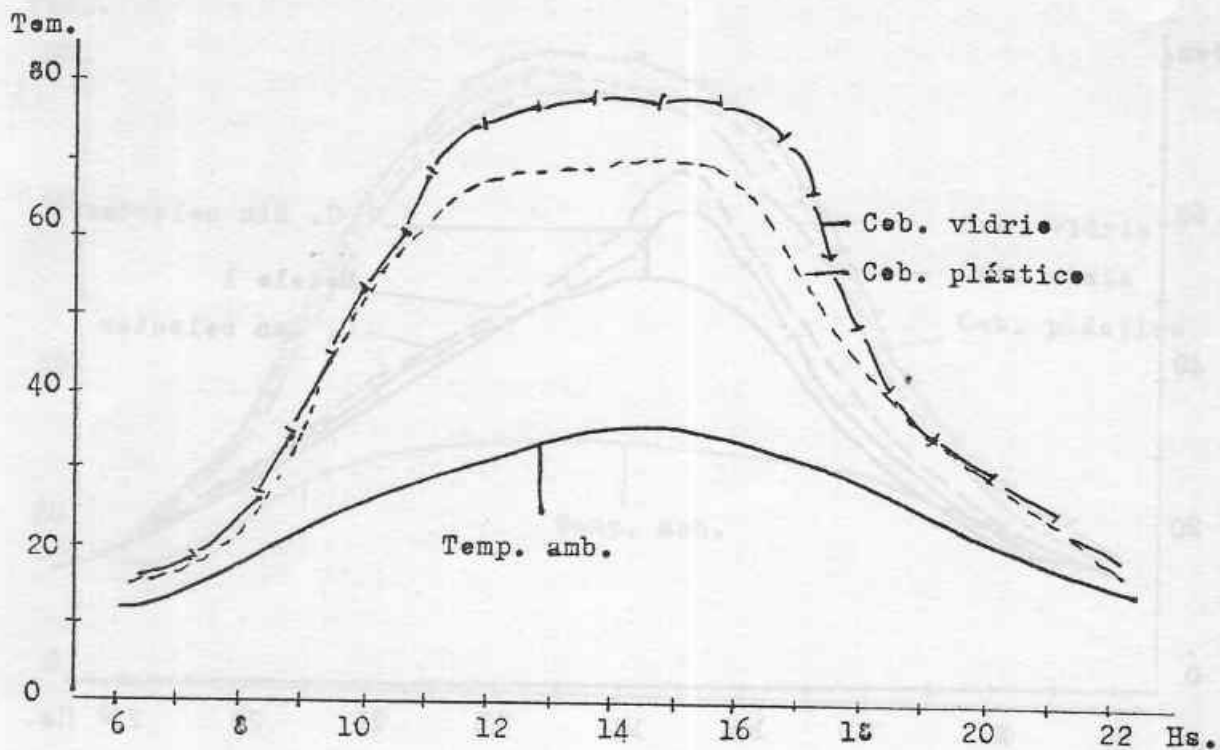


GRAFICO 5: Secadero modelo 1 - Marzo.-"Comparación de coberturas"

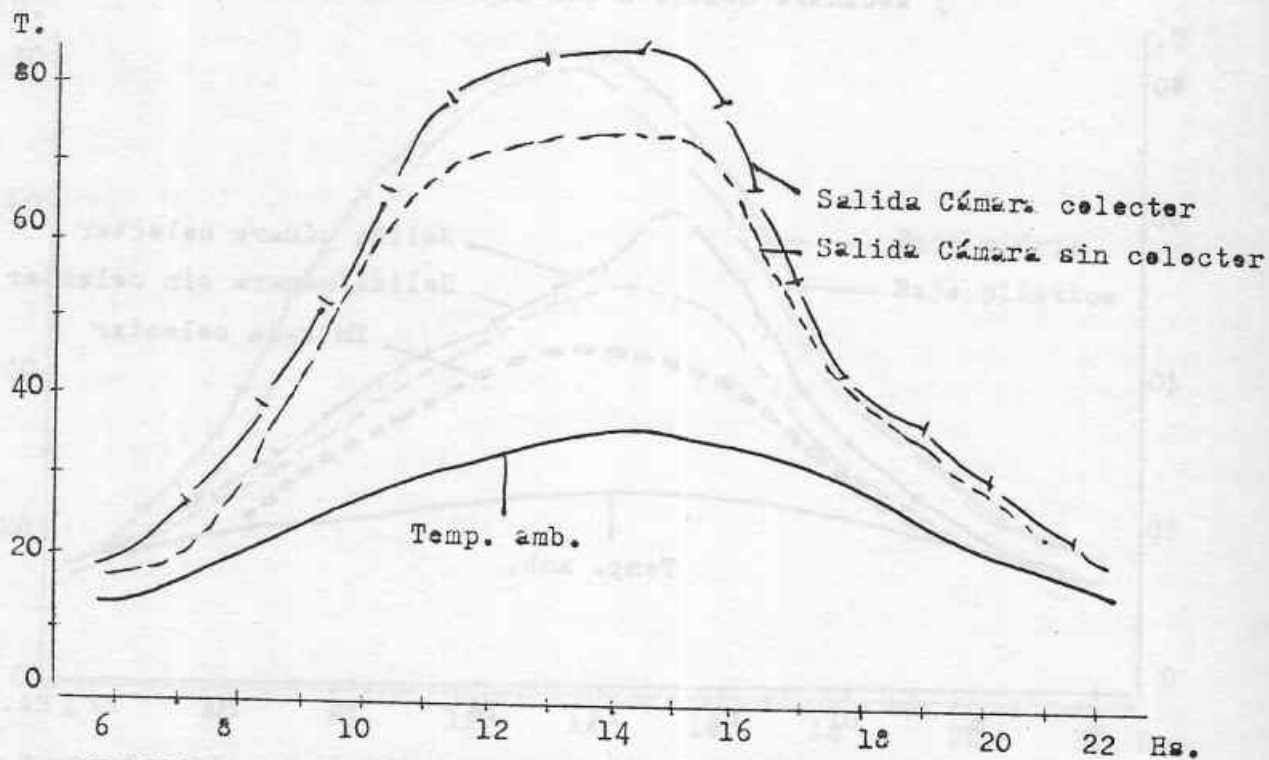


GRAFICO 5': Secadero modelo 2 - Marzo-"Comparación de cámaras"

## Discusión

De acuerdo a lo presentado en los resultados se observa una importante diferencia en el comportamiento del secado según la especie y variedad que se trate.

Aparece como de primordial importancia el estado de madurez y por lo tanto el tiempo transcurrido entre la cosecha y el inicio del secado.

La ciruela Agen, reconocida en todo el mundo como la mejor para secar se comporta agrónomica y técnicamente muy bien para esta zona húmeda.

La materia prima disponible y las técnicas previas aplicadas presentadas dificultades para obtener un secado de duraznos con y sin carozo competitivo comercialmente. Tal vez existió un sobrecado puesto que el análisis de humedad entre nuestro producto y el adquirido en el comercio indicó una diferencia de 7 puntos.

El secado de manzana no presenta problemas por la estructura anatómica del fruto, siempre y cuando se efectúe el pelado y descorazonado mecánico correspondiente. El tiempo de secado dependerá del tamaño en que se seccione el fruto.

Los higos negros aventajaron en aspecto, consistencia y aroma los higos blancos, lo cual los hace mucho más aptos para ser secados. En el secado de acelga se observó que la pérdida de humedad oscilaba en torno a la cifra presentada (92 %), sin embargo la diferencia entre la pérdida de agua del limbo y la penca varió de acuerdo a cada secado.

En cuanto a la cubierta de fiber-glass experimentada en el modelo Sirio, presentó una pérdida de transparencia a través de la temporada de secado. No se ha encontrado que esta pérdida de transparencia haya determinado un deterioro en la eficiencia de secado.

El colector trabajando en convección natural no eleva la temperatura del secadero en forma significativa, se observaron diferencias de solamente 2-4 °C. Sin embargo existieron diferencias en la pérdida de humedad, lo cual lleva a pensar que un mayor caudal de aire caliente es aportado por el colector al compartimento.

El lecho de piedra trabajando por convección natural presenta una resistencia al flujo de aire que lo inutiliza como acumulador. - Debería forzarse el flujo a través del mismo para obtener resultados apreciables en horas de la noche.

La próxima etapa comprende la construcción y puesta en marcha de un secadero semi-industrial con capacidad de 300 kg de fruta fresca. Será del tipo compartimentos cerrado con calefacción mediante colectores solares y energía auxiliar, forzando el flujo por ventilación y efectuando una recirculación en la cámara de secado.

## Conclusiones

1. Las ciruelas y entre ellas la Agen son las frutas que más fácilmente se secan. Con los secaderos solares se obtiene un producto final de la misma calidad del logrado con secaderos convencionales.
2. La cámara con cobertura de fiber-glass presentó una menor temperatura interior y una menor capacidad secante. Sin embargo - ambos parámetros no aparecen como determinantes.
3. El colector solar plano aportó una pequeña diferencia de temperatura pero un más rápido secado, probablemente por el mayor caudal de aire caliente que introdujo al compartimento. Sin embargo este mayor caudal de aire caliente podría incrementarse mediante la aplicación de convección artificial.
4. El lecho de piedra con convección natural no brindó buenos resultados.

## Bibliografía

1. Bolsa de Cereales. 1977. Número estadístico. Bs. As.
2. Braverman J.B. S. 1976. Introducción a la bioquímica de los alimentos. Ed. Omega. España.
3. Childers M. F. 1975. The peach. Varieties, culture, pests, marketing, storage. Ed. Childers. USA.
4. Finney J., C. Abbott. 1972. Sensory and objective measurements of peach firmness. J. Food Science.
5. Jacobs M. B. 1974. Food and foods products. J. Food Science.
6. Jacand A. y otros. 1977. Informe de progreso del grupo de la Universidad Nacional de Luján sobre secaderos solares para frutas y hortalizas. Actas de la III Reunión de Trabajo de Energía Solar. ASADES- IADIZA.
7. Jacand A. y otros. 1978. Algunos resultados obtenidos en secaderos de frutas y hortalizas. Actas del " Seminario sobre aprovechamiento de la Energía Solar y Eólica. CNIE. San Miguel
8. Luchini R. 1976. Anuario de frutas y hortalizas. Industrializadas y frescas. Ed. R. Luchini. Bs. As..