

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

SECAMIENTO DE MAIZ EN MAZORCA, UTILIZANDO UN SECADOR

CON

IRRADIACION SOLAR, EN LA UNIDAD DE RIEGO NICA, MALACATAN,

SAN MARCOS

TESIS

Presentado a la Honorable Junta Directiva

de la

Facultad de Agronomía

de la

Universidad de San Carlos de Guatemala

por

Francisco Rolando Barreda Alvarez

En el acto de su investidura como

INGENIERO AGRONOMO

en el Grado Académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

TESIS DE REFERENCIA
NO

SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.

Guatemala, octubre de 1987

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
01
T (1113)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

LIC. RODERICO SEGURA TRUJILLO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr.	Aníbal Martínez
Vocal 1o.	Ing. Agr.	Gustavo A. Méndez
Vocal 2o.	Ing. Agr.	Jorge Sandoval
Vocal 3o.	Ing. Agr.	Mario Melgar
Vocal 4o.	Br.	Marco Antonio Hidalgo
Vocal 5o.	T.U.	Carlos E. Méndez
Secretario	Ing. Agr.	Rolando Lara A.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Dr.	Antonio Sandoval
Examinador	Ing. Agr.	Rodolfo Albizúrez
Examinador	Ing. Agr.	Gustavo Méndez
Examinador	Ing. Agr.	Carlos Sierra
Secretario	Ing. Agr.	Carlos R. Fernández

Guatemala,

24 de septiembre de 1987

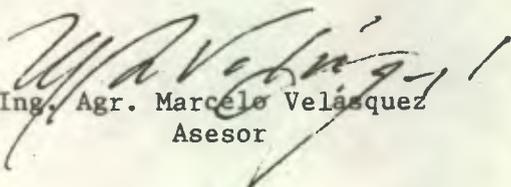
Señor Decano
Facultad de Agronomía
Ing. Aníbal Martínez
Su Despacho

Senor Decano:

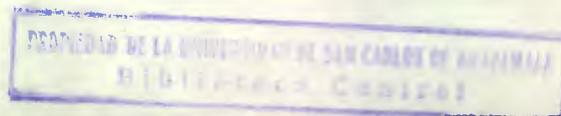
Por este medio tengo el agrado de informarle, que en cumplimiento a la designación que se me hiciera, he asesorado el trabajo de investigación realizado por el Br. Francisco Rolando Barreda Alvarez, que ha culminado en la tesis titulada "SECAMIENTO DE MAIZ EN MAZORCA, UTILIZANDO EN SECADOR DE IRRADIACION SOLAR EN LA UNIDAD DE RIEGO NICA, MALACATAN, SAN MARCOS," el cual he encontrado satisfactorio y en mi opinion llena los requerimientos para la aceptación como tal.

Por lo indicado remito a usted la tesis mencionada con la seguridad de que la misma constituye un aporte a la agricultura nacional , por lo que me permito recomendar su aprobación.

Atentamente,


Ing. Agr. Marcelo Velásquez
Asesor

MV/iamc

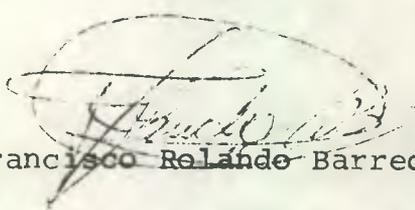


Guatemala,
28 de septiembre de 1987

Señores
Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Presente.

Cumpliendo con lo que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a vuestra consideración mi trabajo de tesis titulado: "SECAMIENTO DE MAIZ EN MAZORCA, UTILIZANDO UN SECADOR CON IRRADIACION SOLAR, EN LA UNIDAD DE RIEGO NICA, MALACATAN, SAN MARCOS", previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo, con el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Esperando vuestra aprobación, me es grato suscribir me, deferentemente.


Francisco Rolando Barreda A.

ACTO QUE DEDICO

A DIOS NUESTRO SEÑOR

A LA MEMORIA DE MIS PADRES

Roberto Barreda Santizo
Clemencia Alvarez de Barreda

A LA MEMORIA DE MIS PADRINOS

Romeo Alvarez Barraza
Lilian Alvarez Barraza

A MI ESPOSA

Elizabeth Zelaya de Barreda

A MIS HIJOS

Lilian Elizabeth, Luis Rolando,
Irma Violeta y Karin del Rosario

A MIS HERMANOS

Julio César, Miriam Amparo y Luis
Roberto

A MIS TIOS

En general

A MIS CUÑADOS

A MIS AMIGOS

A MIS PADRES

ROBERTO: PADRE Y AMICO

cincelaste en mi alma un futuro mejor
que hoy te lo devuelvo con todo mi amor

CLEMENCIA: fuiste mi guía
recibe este homenaje de tu hijo que te ama

Doy gracias a Dios de haberlos tenido y gozado como
padres; y sobretodo de haber seguido su orientación
de amor y lucha, que hoy con este triunfo lo afirmo.

AGRADECIMIENTO

- Al Ingeniero Agrónomo Marcelo R. Velásquez por los acertados consejos y sugerencias que me brindó en la elaboración de este trabajo.
- A Los trabajadores de la Unidad de Riego Nicá por la colaboración prestada.
- A César Rivera por la elaboración mecanográfica de esta Tesis.
- A Todas las personas que en una u otra forma contribuyeron a la realización del presente estudio.

I N D I C E :

Pags.

-	RESUMEN.	1
I.	INTRODUCCION.	3
II.	HIPOTESIS.	4
III.	OBJETIVOS.	4
IV.	REVISION DE LITERATURA.	6
	1. Pérdidas pre cosecha	7
	2. El sol, Fuente de energía.	7
	3. Insolación, Tipos y Características Generales	8
	4. Características Generales de Insolación.	9
	5. Factores que Afectan el Grado de Insolación	10
	6. Ventajas de Energía Solar	11
	7. Captación de Energía Solar	11
	8. Proceso de Secado.	12
	9. Ventajas del Secado.	14
	10. Sistemas Actuales de Secado en Centroamerica.	15
	10.1 Secado Artificial.	15
	10.2 Secado Solar Modificado.	16
	10.3 Secado Solar Tradicional o Secado Natural.	17
	11. Reducción de la Humedad Relativa como consecuen cia de incremento de la Temperatura	18
	12. Colectores solares para Calentamiento de Aire.	19
	12.1 Principios básicos de Captación de Energía Solar.	19
	12.1.1 Concepto de Cuerpo Negro.	19
	12.1.2 Efecto de Invernadero.	21
	13. Componentes de un Colector Solar Térmico.	21
	13.1 Cubierta Transparente.	22
	13.2 Absorbedor.	23
	13.3 Aislante Térmico.	23
	14. Experiencias de Secamiento con irradiación solar en Guatemala.	24
V.	MATERIALES Y METODOS.	25
	1. Ubicación del Estudio.	25
	2. Diseño del Secador.	25
	3. Modelo Estadístico del Diseño Experimental.	27
	4. Materiales, Cantidad y Medida.	31
	5. Equipo.	31

	Pags.
VI. DISCUSION DE RESULTADOS..	32
VII. CONCLUSIONES.	34
VIII. RECOMENDACIONES	35
IX. APENDICE.	45
X. BIBLIOGRAFIA.	54

Cuadro	16:	Andeua para secadores Tipo II	43
Cuadro	17:	Andeua combinado de los dos tipos de secadores.	44
Cuadro	18:	Lectura de humedad en los cinco testigos.	44

LISTADO DE CUADROS

Cuadro	1:	Disposición física de los tratamientos en el secador Tipo I para primer lectura.	36
Cuadro	2:	Disposición física de los tratamientos en el secador Tipo I para segunda lectura.	37
Cuadro	3:	Disposición física de los tratamientos en el secador Tipo I para tercera lectura.	37
Cuadro	4:	Disposición física de los tratamientos en los secadores Tipo II para primer lectura.	38
Cuadro	5:	Disposición física de los tratamientos en los secadores Tipo II para segunda lectura.	38
Cuadro	6:	Disposición física de los tratamientos en los secadores Tipo II para tercer lectura.	39
Cuadro	7:	Lectura de humedad por tratamiento en secador Tipo I (Primer lectura).	39
Cuadro	8:	Lectura de humedad por tratamiento en secador Tipo I (Segunda lectura).	40
Cuadro	9:	Lectura de humedad por tratamiento en secador Tipo I (Tercer Lectura).	40
Cuadro	10:	Lectura de humedad por tratamiento en secador Tipo II (Primer lectura).	40
Cuadro	11:	Lectura de humedad por tratamiento en secador Tipo II (Segunda lectura).	41
Cuadro	12:	Lectura de humedad por tratamiento en secador Tipo II (Tercer Lectura).	41
Cuadro	13:	Sumatoria de humedad de los tratamientos el secador Tipo I.	42
Cuadro	14:	Andeua para secador Tipo I.	42
Cuadro	15:	Sumatoria de humedad de los tratamientos en los secadores Tipo II.	43

R E S U M E N

Para las condiciones de Guatemala, se tiene poca información sobre el manejo del grano de maíz luego de cosechado, en este estudio se pretende generar información para las condiciones de la unidad de riego Nicá localizada en el municipio de Malacatán, en el departamento de San Marcos. Esta zona es una de las más importantes en la producción de maíz, por lo que se necesitan trabajos que puedan corregir o reducir la pérdida, para beneficio socioeconómico de los agricultores.

En la mayoría de las zonas productoras de maíz, posterior a la madurez, los agricultores dejan por tiempo indefinido la mazorca en el campo, estando expuesta a factores ambientales, biológicos y físicos, que puedan afectar la calidad del grano y bajar el rendimiento.

En este estudio se pretendió generar tecnología sencilla y práctica para el secamiento del maíz del pequeño y mediano agricultor para reducir las pérdidas.

Se construyeron dos tipos de secadores que utilizan la irradiación solar, empleando madera rústica, bambú y plástico, dentro de los cuales se evaluaron cinco capas de dos a seis mazorcas de grosor. El tipo I, un secador grande con capacidad para soportar cinco columnas de cinco bandejas cada una, en cada columna se colocaron los cinco tratamientos. El tipo

II, cinco secadores pequeños con capacidad de una columna de cinco bandejas cada uno. De los resultados obtenidos se concluyó que el espesor de seis mazorcas y el secador tipo I (capacidad 1 ton.) es efectivo para el agricultor, ya que a los 16 días el porcentaje de humedad promedio de todos los tratamientos fué de 12.58 por ciento.

DRYING OF MAIZE ON COB BY USING SOLAR IRRADIATION IN
THE NICA IRRIGATION UNITY, SAN MARCOS

FRANCISCO ROLANDO BARREDA ALVAREZ

ABSTRACT

The main goals of the present research were to improve methods of drying corn on cobs for the small and medium corn grower and to reduce post-harvesting losses.

There were constructed two types of dryers that use solar irradiation using rough wood, bamboo and plastic, inside which there were evaluated five layers of two six corn cobs of width. Type I, a big dryer with a capacity of having five columns with five containers each one. On each column there were placed the five treatments; type II, five small dryers with a capacity of supporting 1 column of five containers.

According to the results there is evidence of the effectiveness of drying corn in cobs by using solar irradiations. Also there is evidence that the water content of the cobs was lowered from 26.5% to 18% in only an 8-day period. During a 12-day period of drying in both types of dryers, the mean water content was 14% for all the treatments. For the two types of dryers the third water content reading was 12.5% after 16-day of initiated referent to the control the mean water content at the beginning was 25% and at the end was 19.4% besides of being exposed to damage by insects, fungus and birds.

I. INTRODUCCION:

El cultivo de maíz en Guatemala, es de mucha importancia y puede considerarse como el primero dentro de los granos básicos, debido a que la dieta de la población del país es a base de maíz, siendo este cereal el de mayor consumo - percápita. Se ha logrado notable avance en la obtención de variedades e híbridos mediante los cuales se ha incrementado la producción por unidad de área para las diferentes zonas del país; se ha logrado así mismo mejorar la calidad de proteína para la explotación comercial, todo esto, para mejorar la dieta de la población que consume principalmente maíz.

En granos básicos no se dispone de tecnología para la reducción de las pérdidas pos-cosecha y en este caso del maíz, debido a que en Guatemala se puede cultivar casi todo el año en diferentes condiciones, de primera, temporal y riego, se tiene pérdidas no estimadas en volumen de toneladas.

En otros países, las pérdidas durante y después de la cosecha se estiman porcentualmente, atribuyéndoseles a la interacción de diversos factores bióticos y abióticos. Sin embargo, las mayores de tales pérdidas se registran en la post-cosecha y el almacenamiento.

Para las condiciones de temporal en el cultivo de maíz,

el agricultor efectúa una práctica de dobla, dejando la mazorca en el campo por un período de tiempo, que puede ser de varias semanas, para que el grano alcance el secamiento adecuado para su comercialización; durante este período pueden aumentar los daños por infestación de plagas, pudriciones o germinación, disminuyendo la calidad del grano, lo que también es pérdida pero no se cuantifica.

Este estudio que se desarrolló en la Unidad de Riego - Nicá, Malacatán, fue con la finalidad de evaluar un sistema para reducir el tiempo de secamiento y reducir pérdidas en el rendimiento.

II. HIPOTESIS:

El secado del maíz, usando energía solar, resulta adecuado y económico. Además reduce los riesgos que inciden en el deterioro del grano al propiciar un mejor secamiento.

III. OBJETIVOS:

- Generales:

- a) En este estudio se pretendió generar tecnología para secamiento de maíz en mazorca y evitar o reducir las pérdidas post-cosecha.

- b. Utilizar un sistema sencillo y práctico para el secamiento de maíz del pequeño y mediano agricultor.

- Específico:

- a). Reducir el tiempo de secamiento después de la dobla, para evitar pérdidas pos-cosecha mediante el uso de un secador.
- b). Evaluar la efectividad del secador con diferentes grosores de capas de mazorcas, utilizando radiación solar.

IV. REVISION DE LITERATURA:

Los agricultores de los Andes han empleado durante siglos el sol para deshidratar la papa, como un medio de prolongar su duración en el almacenamiento, Este sistema de secado al sol, ideado y mejorado está en uso todavía. Roy Shaw, cuando llegó a la sede del Centro Internacional de la papa, estudió inmediatamente el problema, que en esa época era el secado por el sol. (2).

Se consideraba que los agricultores necesitaban una forma más eficiente y rápida para deshidratar las papas. Shaw rápidamente diseño y probó una simple caja negra, que no era más que un objeto semejante a una caja pintada de negro, de cerca de un metro de ancho por dos de largo, y medio metro de profundidad. El sol especialmente en estas regiones altas, al incidir a través de la cubierta inclinada y transparente de la caja, producía un ambiente que deshidratava eficientemente la papa que se encontraba dentro. (1,3).

En el Valle del Montaro, en el departamento de Junin proximo a Jauja, Perú, existen vestigios de construcciones que sirvieron como silos o almacenes para granos en la época de los Incas; el sistema es rudimentario, pero ha de haber funcionado para ése entonces. (2).

En la parte de la zona del interior de Perú y parte alta de Bolivia, existen formas sencillas y rudimentarias para almacenar papas y maíz, estos sistemas han sido utilizados actualmente por los habitantes de esta región, pero es una tecnología heredada de los Incas. (A).

1. Pérdidas Pre-cosecha:

En trabajos realizados por técnicos de ICTA en 1985, en parcelamiento de Retalhuleu, se evaluaron siete fechas de cosecha a partir de la dobla. El número de días de la dobla a la primera cosecha fue de 30 días y la última fecha de 102 días. La diferencia en rendimiento fue de 512 Kg/ha., lo que representó para el agricultor una pérdida de Q.124.00/Ha., de acuerdo al precio de Q.11.00/qq. (6).

Según los datos de mazorcas con producción, acame de tallo y mazorcas caídas el porcentaje se incrementó en el período de 62 días a los 102 días de dobla a la cosecha, por las condiciones climáticas principalmente lluvias (6).

Se estimó una pérdida de grano en la ultima fecha a los 102 días con relación a los 30 días que fue de 11.2%. (6).

2. El Sol, Fuente de Energía:

El sol es una estrella, la más cercana a nuestro

(A). Velásquez, M. //1985// Recorrido en zona de Los Andes// Guatemala, ICTA (Comunicación Personal).

planeta, del cual dista, en un promedio, unos 150 millones de kilómetros. Dentro del sol se producen, --
contínuamente, reacciones de fusión nuclear, a una es-
cala gigantesca a causa de lo cual se liberan inmen--
sas cantidades de energía. (8)

De las enormes cantidades de energía liberadas -
por el sol, sólo llegan a la tierra aproximadamente -
unas dos billonésimas partes, pero a esta pequeña can-
tidad de energía se pueden atribuir casi la totalidad
de los procesos meteorológicos y biológicos que se de-
sarrollan en la tierra. El sol es la fuente primor--
dial de la energía que nuestro planeta ha recibido y
recibirá en el futuro. (8)

3. Insolación, Tipos y Características Generales:

Se denomina "insolación" a la cantidad de energía
solar recibida por la unidad de área en la unidad de
tiempo. Existen varios tipos de insolación; la clasi-
ficación más general incluye tres diferentes tipos, -
los cuales se describen a continuación:

A- Directa (o Rayo de Luz):

Es toda aquella radiación que llega en línea
recta desde la fuente (sol). Se caracteriza por-
que se forman sombras fuertes y bien delimitadas.

Un día claro (con sombra fuerte) tiene insolación directa de valor entre 80 y 85%; un día con sombras difusas tiene insolación directa de 80% o menos y un día de sombra inapacible, la insolación directa se puede considerar nula.

B- Difusa:

Es toda aquella radiación que no procede directamente de la fuente, porque ha sufrido refracciones (nubes, polvo, etc.), o reflexiones en objetos distantes. No produce sombras y parece provenir de todo el cielo, en días claros, se puede considerar que un 20% de la insolación total es difusa; y que en días de sombras, la insolación es totalmente difusa. (100%) (9,10)

C- Reflejada:

Es toda aquella radiación que llega reflejada por superficies de cuerpos sólidos cercanos (edificios, rótulos, etc.), o por superficies terrestres (nieve, asfalto, lagos, etc.). (11,13)

4. Características Generales de Insolación:

- a). Es una forma de energía de baja densidad, - por lo que, para captarla, se requieren superfi-

cies relativamente extensas.

- b). Su densidad es variable. Aunque predecible dentro de ciertos límites, las variaciones de la insolación son controlables.
- c). Es intermitente. Sólo está disponible en -- horas del día, y debe de contarse con algún sistema de almacenamiento, si se desea aprovecharla en horas de la noche o en días muy nublados.

5. Factores que afectan el Grado de Insolación:

En general, hay dos que se consideran fundamentales:

- 1).- Número de horas sol. Tiempo que dura la iluminación solar, expresado en horas.
- 2).- Angulo de Incidencia. La insolación óptima es aquella que es perpendicular a la superficie considerada. Asociado con este ángulo de inci-- dencia está el grado de ATENUACION que depende de la longitud de la trayectoria recorrida por la -- radiación dentro de la atmósfera; cuanto más oblicua es la trayectoria, mayor es la distancia re-- corrida y más grande la atenuación.

Cada uno de los factores depende directa o indirectamente de condiciones tales como: latitud, configuración orográfica, época del año, nubosidad, altitud, contaminación atmosférica y otros. (13)

6. Ventajas de la Energía Solar:

- 1). Es la más "Limpia" de todas las formas aprovechables de energía: No produce ninguna contaminación.
- 2). Es abundante y está disponible en casi todo el mundo. Además, no puede ser sometida a restricciones de origen humano.
- 3). Es gratuita. (12)

7. Captación de Energía Solar:

El hombre puede captar la energía solar, para aprovecharla en muy diversos procesos útiles. Los dispositivos hechos por el hombre para captar la energía solar se denominan genéricamente COLECTORES SOLARES. (9)

Un colector solar es un equipo diseñado para absorber la radiación solar y transferir la energía a un fluido que circula en su interior y que esté en con

tacto con el. El agua y el aire son los fluidos generalmente empleados en los colectores solares. Se clasifican los colectores solares en dos tipos: Colectores planos y colectores concentradores. Los primeros aprovechan tanto la insolación difusa, es decir pueden funcionar tanto en días claros como en días nublados. Los concentradores utilizan únicamente la radiación directa y tienen la ventaja de que pueden producir temperaturas más altas que las que producen los colectores planos. (11)

Los colectores planos pueden instalarse fijos en su posición, aunque a veces pueden ser movidos cada cierto tiempo para ejecutarlos según sea la estación del año; los colectores concentradores casi siempre se instalan de manera que puedan moverse durante el día o periódicamente, para seguir el curso del sol. (4, 5)

8. Proceso de Secado:

Secado es el proceso comercial más utilizado para la preservación de la calidad de los productos agrícolas. Consiste en la remoción de gran parte de agua -- inicialmente contenida en el producto, después de la maduración fisiológica, hasta el nivel adecuado de humedad con el cual pueda ser almacenado en condiciones

ambientales por largos períodos, sin la pérdida de sus propiedades nutricionales y organolépticas. (12)

El secamiento conseguido por la creación de condiciones desfavorables al desarrollo de microorganismos asociados al producto y por la casi total eliminación de sus actividades metabólicas. La masa de agua a ser movida en el proceso de secado puede ser hasta 5 veces la masa total del producto seco como en el caso de productos con alta humedad inicial (85%). (9)

Los métodos utilizados para sacar los productos alimenticios se pueden clasificar como sigue:

- a). Secado con aire caliente. El calor se suministra al producto principalmente por convección.
- b). Secado por contacto directo con una superficie caliente. El calor se suministra al producto principalmente por conducción a través de la superficie.
- c). Secado por aplicación de energía procedente de una fuente radiante, de microondas o dieléctrica.
- d). Secado por congelación. Se congela el agua

contenida en el alimento y luego se le sublima, -- normalmente mediante la aplicación de calor en -- condiciones de presión muy bajas.

e). Secado por ósmosis. Por diferencia de con-- centración de algún soluto (azúcar o sal). (9,10)

9. Ventajas del Secado:

La principal ventaja del secado, comparada con -- otras técnicas de preservación, tales como refrigera-- ción, irradiación, tratamientos químicos, enlatados, -- es el bajo costo y la simplicidad de la operación. (14)

En el caso de la preservación de alimentos, el se-- cado o deshidratación de éstos tiene por consecuencia un ahorro de peso y en la cantidad a transportar por -- unidad de potencia alimenticia; así como un aumento -- del almacenamiento comparado con el de los productos -- frescos. (14)

La utilización de secado en productos agrícolas -- es importante desde algunos puntos de vista:

a). Permite que la cosecha sea efectuada más rá-- pidamente que aquella en que el producto permane-- ce secándose en la propia planta, con la consi---

guiente disminución por las pérdidas ocasionadas -- por insectos, pájaros, roedores, y condiciones cli-- máticas adversas.

- b). Su puede hacer un mejor planeamiento de la -- cosecha, proporcionando mejor uso de la mano de -- obra.
- c). Permite al productor vender un producto de -- mejor calidad.
- d). Existe economía en los costos de transporte y manipuleo, por la eliminación de parte del peso (humedad), disminuyendo los gastos energéticos y de mano de obra en algunas de las etapas de comer-- cialización (traslado del producto desde el lugar de la cosecha hasta los puntos de venta). (7,9)

10. Sistemas Actuales de Secado en Centroamerica:

10.1). Secado Artificial:

Consiste en someter el producto húmedo, den-- tro de un secador, a una corriente de aire general-- mente caliente, obtenida gracias a una fuente de energía calorífica que seca el producto. La fuen-- te de calor puede ser a base de combustibles fósil-- les, leña o resistencia eléctrica. (4)

En la mayor parte de los secadores mecánicos comerciales, actualmente usados, las necesidades energéticas para el proceso son satisfechas con el empleo de aire caliente (60 a 200 °C). (9)

En el proceso de secado por medio de secadores mecánicos, los granos son transportados mecánicamente en flujo cruzado, corriente, ó contracorriente al aire caliente, el cual es formado por un ventilador. (9)

Estos secadores son diseñados para procesar grandes cantidades de productos en corto tiempo. También existen secadores que usan aire forzado, el cual entra en contacto con el producto húmedo cuando éste está en lechos estacionarios. (8,9)

10.2. Secado Solar Modificado:

Consiste en aprovechar de manera más eficiente la radiación solar y las corrientes naturales de aire, empleándose para ello colectores de energía solar, los cuales tienen como función captar la energía aportada por la radiación solar y transferirla al aire en forma de energía calorífica. -- El aire así calentado se usa para sacar el produc

to húmedo (grano, fruta, hortaliza, carne, madera, plantas, ropa, etc.) (5, 14, 12)

El aire al calentarse baja su contenido de humedad relativa y es más eficaz para la desecación. La humedad relativa del aire depende de la temperatura y del contenido de la humedad total del aire. (12)

10.3. Secado Solar Tradicional o Secado Natural:

Este se realiza después de alcanzada la madurez fisiológica, el producto húmedo queda expuesto a las corrientes naturales de aire y a los rayos solares: a). en la propia planta, b). extendiendo sobre las superficies planas en el suelo (de cemento, ladrillo, petate, etc.) después de la cosecha. Las necesidades energéticas de este proceso son cubiertos completamente por medios naturales: La entalpía del aire y los rayos del sol.

Este sistema tiene la desventaja de que los cultivos se exponen a: rehidratación con las lluvias, tumbamiento por los vientos, poca uniformidad en el secado, ataque de insectos, hongos, pájaros.

A pesar de la naturaleza rudimentaria de éste proceso, el secado solar tradicional es, en la mayoría de los países en vías de desarrollo, el único medio económico viable para secar muchos -- productos agrícolas.

La capacidad, tiempo de secado y la calidad del producto final seco, dependen completamente de las condiciones climáticas (humedad relativa, ambiente, lluvias, insolación, temperaturas).

Esas condiciones varían de lugar en lugar, de tiempo en tiempo, haciendo que la técnica de secado sea altamente imprevisible, con alto riesgo de que se pierda o dañe el producto. (10,12)

11. Reducción de la Humedad Relativa como consecuencia de

Incremento de la Temperatura:

<u>Temperatura del aire °C:</u>	<u>Incremento de Temperatura °C</u>											
	<u>00</u>	<u>06</u>	<u>11</u>	<u>17</u>	<u>22</u>	<u>28</u>	<u>33</u>	<u>39</u>	<u>45</u>	<u>50</u>	<u>55</u>	<u>61</u>
	Humedad relativa %											
43	95	72	55	42	33	26	21					
38	95	71	53	40	31	24	19	15				
32	95	70	52	40	30	23	18	14	12			
27	95	70	50	38	29	22	17	13	10	08		
21	95	69	49	36	27	21	16	12	09	07	06	
15	95	67	49	36	26	19	14	11	09	07	05	04
10	95	66	47	32	24	18	13	10	08	06	04	04
04	95	65	45	31	22	16	12	09	07	05	04	04

(Tomado de la Edición preliminar de secado solar de -- granos y alimentos ICAITI).

12. Colectores Solares para Calentamiento de Aire:

12.1. Principios Básicos de Captación de Energía Solar:

Existen dos conceptos básicos que conviene tener en mente cuando se estudia la captación de energía solar, en ellos:

- Concepto de Cuerpo Negro, y
- Efecto de Invernadero.

12.1.1 Concepto de Cuerpo Negro:

Al poner al paso de la energía luminosa un cuerpo opaco, se consigue atrapar en él, parte de la energía aportada por el rayo luminoso, efecto que se incrementa si dicho cuerpo es, además de obscuro ligeramente rugoso. A todo elemento material que efectúe un "atrape de la energía solar", en mayor o menor cantidad, se le denomina ABSORBEDOR SOLAR, PLACA NEGRA, o bien CUERPO OBSCURO.

El color obscuro capta mejor la energía radiante que cualquier otro color, un -- cuerpo negro perfecto es un ente hipotético,

que en teoría es capaz de absorber "toda aquella energía que incida en él"; obviamente no existe ningún cuerpo negro perfecto en la naturaleza, pero los objetos oscuros, opacos y ligeramente rugosos se le aproximan bastante. (4,8)

El mecanismo de captación de energía es el siguiente: Los rayos solares incidentes en el cuerpo oscuro, generalmente del rango de luz visible o ultravioleta, al chocar con el cuerpo, ceden parte de su energía lumínica a los electrones exteriores del cuerpo oscuro. Esta parte de energía contribuye a incrementar el nivel de vibración de los átomos del cuerpo negro, calentándolos en forma progresiva. Los restos de energía que aún conserva el rayo portador inicial, ahora disminuído, son reflejos o remitidos, pero esta vez su longitud de onda se ha incrementado, quedando comprendidos generalmente en el rango infrarrojo. La labor de un cuerpo es doble: atrapar energía y cambiar la longitud de onda del rayo incidente. (1,8)

12.1.2 Efecto de Invernadero:

Al colocar una o varias estructuras transparentes entre un cuerpo negro (absorbedor) y una fuente luminosa (el sol), se presenta un fenómeno de "atrape" de las ondas electromagnéticas de rango infrarrojo, que están siendo reflejadas o reemitidas por el absorbedor, dado que la estructura o cubierta transparente (vidrio o plástico) actúa como una membrana semipermeable lumínica, ya que es atravezada fácilmente por las ondas ultra violeta y visible, pero su permeabilidad óptima es mucho menor para el rango infrarrojo. (10)

Una buena parte de la luz penetra por la cubierta y un elevado porcentaje de ella queda atrapada debajo de la cubierta, entre ésta y el absorbedor, calentándose la cavidad formada entre estos dos elementos. Esto es lo que constituye el "efecto de invernadero". (7,9)

13. Componentes de un Colector Solar Térmico:

En general un colector térmico está integrado por

diferentes componentes, uno de éstos con objetivo permanente estructural de apoyo para la ubicación de ---- otros de tipo óptimo-térmico, que son los que realizan la labor real de conversión de la luz en calor, y finalmente componentes de índole estético o de protección. (5, 7, 15)

Los componentes óptimo-térmicos son los más importantes del colector, sea éste para líquidos o gases, y son los siguientes:

13.1. Cubierta Transparente:

Está formada por una o varias películas o -- placas transparentes o traslúcidas, de materiales plásticos o vítreos. Tres son sus funciones principales:

13.1.1 Actuar como membrana semipermeables - que permiten que se efectúe el "efecto de invernadero" del cual depende en alto grado un colector solar, en especial los calentadores de aire.

13.1.2 Reducir pérdidas de calor por convección y radiación hacia el exterior del colector, pues el aire atrapado actúa como aislan

te térmico parcial.

- 13.1.3 Protegiendo al absorbedor de la intemperie (lluvia, polvo, nieve, etc.).

Un incremento del número de coberturas aumenta la eficiencia del colector para sistemas de alta temperatura y una para los de intermedia, aunque a veces no es necesario usar coberturas en sistemas de baja temperatura, como en el caso de calentadores para agua de piscinas.

13.2. Absorbedor:

Actúa como captador de energía cambiando la longitud de onda del rayo incidente. Puede ser fabricado con metales, plásticos y materiales pétreos (arenas, rocas, cemento, etc.). El tipo, forma y disposición del absorbedor es de capital importancia, existiendo una amplia diversidad de clases o modelos, que se adecúan a los costos y requerimientos del uso específico que se hará del colector. (9, 10)

13.3. Aislante Térmico:

Se sitúa debajo del absorbedor y tiene por objeto el reducir al mínimo posible la pérdida de

energía del mismo hacia el fondo del colector. -
Se le selecciona entre aquellos materiales de baja
conductibilidad térmica, en especial aquellos de
bajo costo, bajo grado de degradación térmica y -
poca densidad. (9,10)

14. Experiencias de Secamiento con irradiación solar en -
Guatemala:

Se han efectuado trabajos experimentales en seca-
miento de leña, madera serrada y granos básicos median-
te secadores sencillos utilizando la ventilación am---
biental y la irradiación solar, los resultados han si-
do satisfactorios teniendo limitación de volumen y ca-
pacidad. (14,9)

Se han reportado resultados de secado de maíz, --
frutas manzana, papa precocida, plantas medicinales en
secadores pequeños de tipo directo como indirecto, la
tendencia de la humedad experimenta un cambio fuerte -
al inicio seguido de una pérdida gradual de humedad, -
ocurre rehidrataciones nocturnas cuando no hay energía
solar las que producen oscilaciones entre valores al--
tos y bajos de humedad. La humedad promedio tiende a
llegar a valores de equilibrio mucho más bajos que los
alcanzados en los secados al aire natural o ambiental
(14, 9, 10)

V. MATERIALES Y METODOS:

1. Ubicación del Estudio:

Aspectos Generales del Area:

Durante el mes de enero se realizó el estudio en la Unidad de Riego Nicá, la cual se encuentra localizada en la aldea del mismo nombre, municipio de Malacatán, departamento de San Marcos, a una altura de 132 metros sobre el nivel del mar; sus coordenadas geográficas son 14°50' 54" latitud norte y 9a°08'58" longitud oeste.

El clima de la región es cálido, con invierno benigno. La temperatura promedio anual, para un período de 10 años es de 25.5°C, con un máximo de 32°C en los meses de marzo, abril y mayo, y mínima de 22°C en el mes de agosto. La precipitación media anual es de 3,300 mm. caídos de mayo a octubre, sin una distribución normal.

2. Diseño del Secador:

Se hicieron dos tamaños de secadores:

- a) Un secador grande con capacidad para soportar 5 columnas de cinco bandejas cada una. En cada columna se colocaron los cinco tratamientos
- b) Cinco secadores con capacidad de una columna de cinco bandejas cada uno.
- c) Los tratamientos fueron con un peso inicial de 8 Kg.

en mazorca y una humedad de 26.5%.

- d. Se llevaron registros de temperatura dentro del secador: a las 8 horas, 14 horas y 16 horas con 30 minutos.
- e. Registros de temperatura, humedad relativa, humedad ambiental, hora luz (información que registró la Estación Meteorológica de Metapa, Tapachula-México, a tres kilómetros del lugar es estudio).
- f. Datos tomados:
 - Peso inicial (en kgs).
 - Porcentaje de humedad inicial
 - Porcentaje de humedad cada 8, 12, 16 días en los tratamientos.

Tratamiento a evaluar:

A:	Espesor	2 mazorcas
B:	Espesor	3 mazorcas
C:	Espesor	4 mazorcas
D:	Espesor	5 mazorcas
E:	Espesor	6 mazorcas

3. Modelo Estadístico del Diseño Experimental:

Fueron dos cuadrados latinos (5 x 5), usando -- dos tipos de secadores:

- a). El primero en el secador grande donde se analizaron los cinco tratamientos en conjunto, combinando las tres lecturas de humedad.
- b). El segundo en los cinco secadores pequeños e individuales y por cada uno de ellos se analiza--ron los cinco tratamientos, combinando las tres - lecturas de humedad en porcentaje.

De los dos cuadrados latinos se hizo un análisis combinado general y los resultados obtenidos se compara--ron con los datos del diseño completamente al azar de 5 agricultores, y que fue el testigo absoluto.

Los modelos estadísticos son los siguientes:

- a). Para relacionar las tres lecturas en los dos tipos de secadores por separado, se usó:

$$y_{ijkl} = U + L_i + H_j + C_k + t_l + \left[L_t \right] i_l + E_{ijkl}$$

$$i = 1, 2, 3$$

$$j = 1, 2, 3, 4, 5$$

$$k = 1, 2, 3, 4, 5$$

$$l = 1, 2, 3, 4, 5$$

- y_{ijkl} = Variable de respuesta asociada a la $ijkl$ -ésima unidad experimental.
 u = Efecto de la media general
 L_i = Efecto de la i -ésima lectura
 H_j = Efecto de la j -ésima hilera
 C_k = Efecto de la k -ésima columna
 t_l = Efecto del l -ésimo tratamiento
 $[Lt]_{il}$ = Efecto del il -ésimo nivel de la interacción lectura por tratamiento.
 E_{ijkl} = Error experimental asociado a la $ijkl$ -ésima unidad experimental.

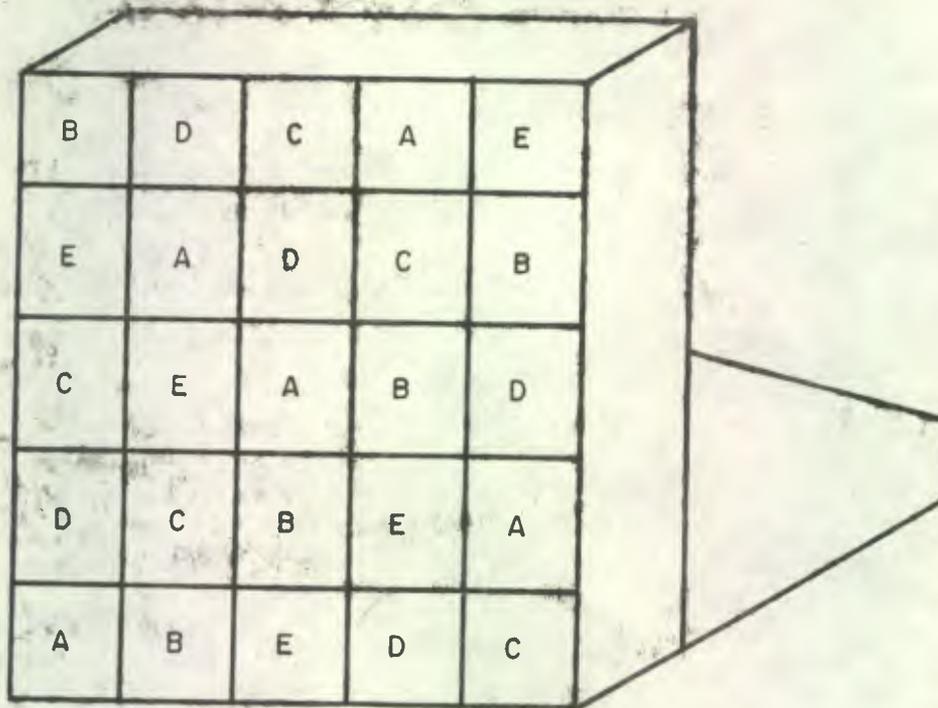
b). El modelo estadístico usado para combinar los cuadrados latinos correspondientes a los dos tipos de secadores y las tres lecturas de humedad es el siguiente:

- $$y_{ijklm} = u + S_i + L_j + [SL]_{ij} + H_k + C_l + [St]_{lm} + [Lt]_{jm} + [SLt]_{ijm} + E_{ijklm}$$
- $i = 1, 2$
 $j = 1, 2, 3$
 $k = 1, 2, 3, 4, 5$
 $l = 1, 2, 3, 4, 5$
 $m = 1, 2, 3, 4, 5$
- y_{ijklm} = Variable respuesta asociada a la $ijklm$ -ésima unidad experimental.
 u = Efecto de la media general

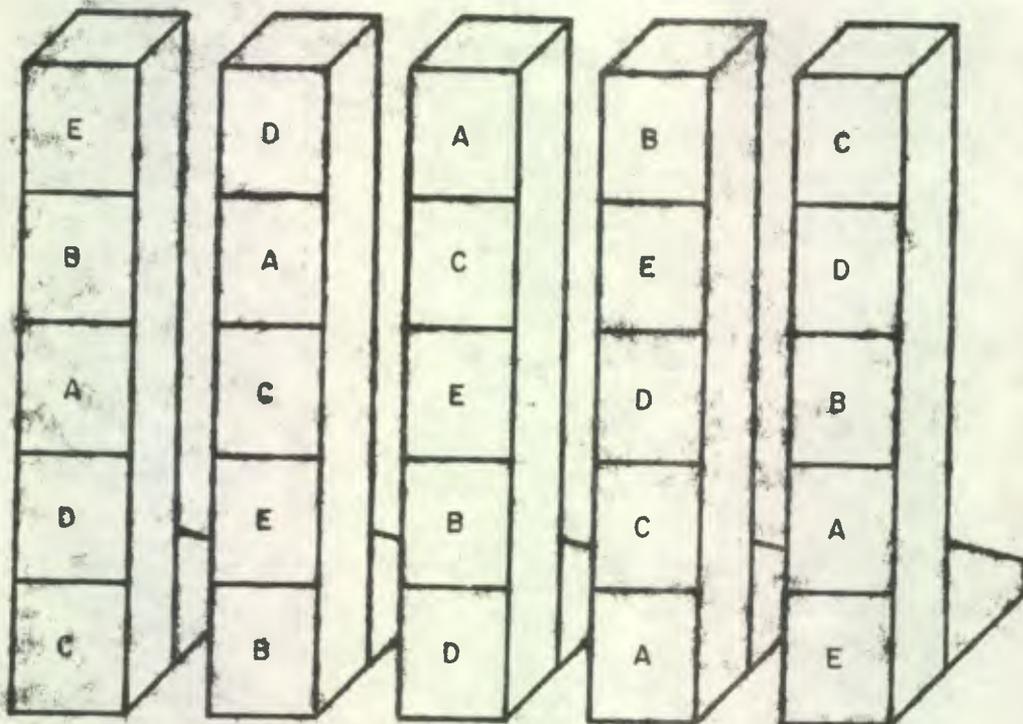
S_i	=	Efecto del i -esimo secador
L_j	=	Efecto de la j -esima lectura
$[SL]_{ij}$	=	Efecto del ij -esimo nivel de la interacción de los factores "SL"
H_k	=	Efecto de la k -esima hilera
C_l	=	Efecto de la l -esima columna
t_m	=	Efecto del m -esimo tratamiento
$[St]_{im}$	=	Efecto del im -esimo nivel de la interacción secador por tratamiento.
$[Lt]_{jm}$	=	Efecto del jm -esimo nivel de la interacción lectura por tratamiento.
$[Slt]_{ijm}$	=	Efecto del ijm -esimo nivel de la interacción secador por lectura por -- tratamiento.
E_{ijklm}	=	Error experimental asociado a la --- $ijklm$ -esima unidad experimental.

6. DISTRIBUCION DE LOS TRATAMIENTOS EN EL CAMPO.

a. SECADOR GRANDE (TIPO I)



a. EN LOS CINCO SECADORES PEQUEÑOS (TIPO II)



4. Materiales, Cantidad y Medida:

1. Madera: 72 reglas de 2" x 3" x 9'
2. Rafia: 4 libras
3. Caña de bambú: 40 cañas de 3-4 mts. de largo
4. Clavos: 5 ~~libras~~ de 3"
5. Tachuelas: 3 libras
6. Plástico: 50 mts. plástico transparente y
15 mts. plástico negro.

5. Equipo:

- 3 termómetros
- 1 romana
- 1 determinador de humedad.

VI. DISCUSION DE RESULTADOS:

De este estudio se obtuvieron los resultados que determinan que el secamiento de maíz en mazorca mediante un secador que utiliza irradiación solar es efectivo.

De acuerdo al ensayo en el que la humedad inicial fue de 26.5 por ciento en ocho días se bajó a un promedio de 18 por ciento de humedad en los dos tipos de secadores (véase cuadro 1 - 4).

Durante un período de 12 días de secamiento en los dos tipos de secadores evaluados, el promedio de humedad fue para los tratamientos de 14 por ciento de humedad (véase cuadro 2 - 5).

Para los dos tipos de secadores en la tercera lectura los tratamientos tuvieron un promedio de humedad de 12.5 por ciento a los 16 días de iniciado el ensayo (cuadro 3 - 6).

En el análisis de varianza combinado para las tres lecturas en el secador tipo I, de acuerdo a los resultados no hay significancia para tratamientos ni para la interacción tratamientos por lecturas. (Cuadro 14).

En el análisis de varianza combinado para las tres

lecturas en los secadores II, indica que las condiciones de pérdida de humedad fueron similares al secador tipo I, para todos los tratamientos se determinó significancias para lecturas, lo que indica que el secamiento fue similar en los dos tipos de secadores. (Véase cuadro 16).

Para los dos tipos de secadores según el análisis de varianza se determinó significancia para lecturas, lo que verifica los dos ANDEVAS que el secamiento fué efectivo - para todos los tratamientos (Véase cuadro 17).

Respecto a los testigos el promedio de humedad al inicio del ensayo fue de 25 por ciento y al concluir fué de 19.4 por ciento, además de estar espuesto al ataque de hongos, insectos y aves.

Los coeficientes de variación fueron de 12.46, 9.08 y 10.49 lo que nos permite afirmar que los ensayos fueron conducidos en el campo eficientemente.

VII. CONCLUSIONES:

Este estudio permite conclusiones y recomendaciones que pueden servir para futuras investigaciones en la reducción de pérdidas en el cultivo de maíz. Siendo las siguientes:

1. El grosor de 6 mazorcas y el secador tipo I son efectivos para fines prácticos del agricultor;
2. Utilizando el secador de irradiación solar se reduce la humedad del grano de 26.5% a 12% en los 16 días;
3. Al reducir el tiempo de secado del maíz se reduce el riesgo de deterioro del grano principalmente por condiciones de ambiente.

VIII. RECOMENDACIONES:

1. Se recomienda la utilización de este sistema sencillo de secamiento para maíz en mazorca utilizando la irradiación solar;
2. Esta metodología no reemplaza los métodos sofisticados de secamiento;
3. Se recomienda hacer estudios para determinar las pérdidas por plagas, enfermedades, roedores, condiciones ambientales en el sistema tradicional y utilizando los secadores solares;
4. Repetir el estudio para condiciones de cosecha de primera.

CUADRO I

DISPOSICION FISICA DE LOS TRATAMIENTOS EN EL SECADOR TIPO I PARA PRIMERA LECTURA (17-1-85) HUMEDAD INICIAL 26.5 (9-1-85) PESO MUESTRA 8 kg.

HILERAS	COLUMNAS					TOTAL
	I	II	III	IV	V	HILERAS
I	B 13.9	D 13.0	C 14.2	A 19.6	E 14.4	75.1
II	E 14.9	A 20.1	D 21.7	C 18.1	B 17.6	92.4
III	C 20.0	E 19.7	A 14.6	B 16.0	D 21.2	91.5
IV	D 16.2	C 18.8	B 20.8	E 21.0	A 16.3	93.1
V	A 20.3	B 18.5	E 21.0	D 17.8	C 19.2	96.8
TOTAL COLUMNAS:	65.6	63.2	58.3	65.4	62.7	

CUADRO 2

DISPOSICION FISICA DE LOS TRATAMIENTOS EN EL SECADOR TIPO I, PARA SEGUNDA LECTURA (21-1-85).

HILERAS	C O L U M N A S					TOTAL HILERAS
	I	II	III	IV	V	
I	B 11.6	D 12.9	C 12.2	A 11.5	E 13.2	61.4
II	E 13.9	A 13.5	D 13.8	C 14.8	B 13.8	69.8
III	C 17.4	E 17	A 14.2	B 13.7	D 16.2	78.5
IV	D 15	C 13.8	B 14.9	E 16.2	A 14.1	74
V	A 13.4	B 16.2	E 15.6	D 14.7	C 16.8	76.7
TOTAL COLUMNAS:	71.3	73.4	70.7	70.9	74.1	

CUADRO 3

DISPOSICION FISICA DE LOS TRATAMIENTOS EN EL SECADOR TIPO I, PARA TERCERA LECTURA (25-1-85).

HILERAS	C O L U M N A S					TOTAL HILERAS
	I	II	III	IV	V	
I	B 11.2	D 11	C 11	A 10.9	E 11.5	55.6
II	E 12.6	A 12	D 12	C 13.5	B 13.2	63.3
III	C 14.2	E 12	A 12.1	B 13.2	D 12.6	64.1
IV	D 14.8	C 13.2	B 11.2	E 13.6	A 12.6	65.4
V	A 12.8	B 15	E 12	D 14.2	C 12.8	66.8
TOTAL COLUMNAS:	65.6	63.2	58.3	65.4	62.7	

CUADRO 4

DISPOSICION FISICA DE LOS TRATAMIENTOS EN LOS SECADORES TIPO II, PARA PRIMERA LECTURA (17-1-85), HUMEDAD INICIAL 26.5 (9-1-85) PESO POR MUESTRA 8 KILOS.-

HILERAS	C O L U M N A S					TOTAL HILERAS
	I	II	III	IV	V	
I	E 19.3	D 15.9	A 14	B 16.2	C 19.9	85.3
II	B 18.5	A 18.8	C 20.7	E 17.4	D 13.7	89.1
III	A 16.8	C 18.3	E 18.6	D 16.7	B 15.4	85.8
IV	D 19.4	E 17.4	B 20.9	C 18.4	A 20.6	96.7
V	C 20.1	B 17.9	D 17	A 19.1	E 20.2	94.3
TOTAL COLUMNAS:	94.1	88.3	91.2	87.8	89.8	

CUADRO 5

DISPOSICION FISICA DE LOS TRATAMIENTOS EN LOS SECADORES TIPO II, PARA SEGUNDA LECTURA (21-1-85).

HILERAS	C O L U M N A S					TOTAL HILERAS
	I	II	III	IV	V	
I	E 14.8	D 12.2	A 12.5	B 14	C 12.6	66.1
II	B 12	A 13.1	C 12.8	E 13.8	D 13.4	65.1
III	A 16.6	C 14.3	E 16.9	D 14	B 14.2	76
IV	D 14	E 13.8	B 14.4	C 13.2	A 15.1	70.5
V	C 14	B 13.5	D 15.6	A 12.5	E 16.5	72.1
TOTAL COLUMNAS:	71.4	66.9	72.2	67.5	71.8	

CUADRO 6

DISPOSICION FISICA DE LOS TRATAMIENTOS EN LOS SECADORES TIPO II, PARA TERCER LECTURA (25-1-85).

HILERAS	C O L U M N A S					TOTAL HILERAS
	I	II	III	IV	V	
I	E 13.7	D 11.8	A 11.8	B 12.8	C 12	62.1
II	B 11.4	A 12.8	C 12	E 11.8	D 12.8	60.4
III	A 12.4	C 10.8	E 13	D 12.9	B 13.6	62.7
IV	D 12.2	E 13.2	B 12.2	C 12.8	A 12.6	63
V	C 13	B 12.7	D 13.8	A 12.2	E 13.6	65.3
TOTAL COLUMNAS:	62.7	60.9	62.8	62.5	64.6	

CUADRO 7

LECTURA DE HUMEDAD POR TRATAMIENTO, SECADOR TIPO I (PRIMERA LECTURA 17-1-85).

TRATAMIENTOS	H I L E R A S					TOTAL TRATAM.	\bar{X} TRATAM.
	I	II	III	IV	V		
B	13.9	17.6	16.0	20.8	18.5	86.8	17.36
E	14.4	14.9	19.7	21.0	21.0	91.0	18.2
C	14.2	18.1	20.0	18.8	19.2	90.3	18.06
D	13.0	21.7	21.2	16.2	17.8	89.9	17.98
A	19.6	20.1	14.6	16.3	20.3	90.9	18.18
TOTAL HILERAS	75.1	92.4	91.5	93.1	96.8	448.9	\bar{X} 17.95

CUADRO 8

LECTURA DE HUMEDAD POR TRATAMIENTO, SECADOR TIPO I (SEGUNDA LECTURA 21-1-85)

TRATAMIENTOS	H I L E R A S					TOTAL	\bar{X}
	I	II	III	IV	V	TRATAM.	TRATAMIENTO
B	11.6	13.8	13.7	14.9	16.2	70.2	14.04
E	13.2	13.9	17.0	16.2	15.6	75.9	15.18
C	12.2	14.8	17.4	13.8	16.8	75.0	15.0
D	12.9	13.8	16.2	15.0	14.7	72.6	14.52
A	11.5	13.5	14.2	14.1	13.4	66.7	13.34
Total Hileras	61.4	69.8	78.5	74.0	76.7	360.4	\bar{X} 14.41

CUADRO 9

LECTURA DE HUMEDAD POR TRATAMIENTO, SECADOR TIPO I (TERCER LECTURA 25-1-85)

TRATAMIENTOS	H I L E R A S					TOTAL	\bar{X}
	I	II	III	IV	V	TRATAM.	TRATAMIENTO
B	11.2	13.2	13.2	11.2	15.0	63.8	12.76
E	11.5	12.6	12.0	13.6	12.0	61.7	12.34
C	11.0	13.5	14.2	13.2	12.8	64.7	12.94
D	11.0	12.0	12.6	14.8	14.2	64.6	12.92
A	10.9	12.0	12.1	12.6	12.8	60.4	12.08
Total Hileras	55.6	63.3	64.1	65.4	66.8	315.2	\bar{X} 12.61

CUADRO 10

LECTURA DE HUMEDAD POR TRATAMIENTO, SECADORES TIPO II (PRIMERA LECTURA 17-1-85)

TRATAMIENTOS	H I L E R A S					TOTAL	\bar{X}
	I	II	III	IV	V	TRATAM.	TRATAMIENTO
E	19.3	17.4	18.6	17.4	20.2	92.9	18.58
B	16.2	18.5	15.4	20.9	17.9	88.9	17.78
A	14.0	18.8	16.8	20.6	19.1	89.3	17.86
D	15.9	13.7	16.7	19.4	17.0	82.7	16.54
C	19.9	20.7	18.3	18.4	20.1	97.4	19.48
Total Hileras	85.3	89.1	85.8	96.7	94.3	451.2	\bar{X} 18.05

CUADRO 11

LECTURA DE HUMEDAD POR TRATAMIENTO, SECADORES TIPO II (SEGUNDA LECTURA 21-1-85)

TRATAMIENTOS	H I L E R A S					TOTAL	\bar{X}
	I	II	III	IV	V	TRATAM.	TRATAMIENTO
E	14.8	13.8	16.9	13.8	16.5	75.8	15.16
B	14.0	12.0	14.2	14.4	13.5	68.1	13.62
A	12.5	13.1	16.6	15.1	12.5	69.8	13.96
D	12.2	13.4	14.0	14.0	15.6	69.2	13.84
C	12.6	12.8	14.3	13.2	14.0	66.9	13.38
Total Hileras	66.1	65.1	76.0	70.5	72.1	349.8	\bar{X} 13.99

CUADRO 12

LECTURA DE HUMEDAD POR TRATAMIENTO, SECADOR TIPO II (TERCER LECTURA 25-1-85)

TRATAMIENTOS	H I L E R A S					TOTAL	\bar{X}
	I	II	III	IV	V	TRATAM.	TRATAMIENTO
E	13.7	11.8	13.0	13.2	13.6	65.3	13.06
B	12.8	11.4	13.6	12.2	12.7	62.7	12.54
A	11.8	12.4	12.4	12.6	12.2	61.4	12.28
D	11.8	12.8	12.9	12.2	13.8	63.5	12.70
C	12.0	12.0	10.8	12.8	13.0	60.6	12.12
Total Hileras	62.1	60.4	62.7	63.0	65.3	313.5	\bar{X} 12.54

CUADRO 13

SUMATORIA DE HUMEDAD DE LOS TRATAMIENTOS EN EL SECADOR
TIPO I

TRATAMIENTOS	LECTURAS TOTALES:			TOTAL DE CADA TRATAMIENTO.
	1	2	3	
A	90.9	66.7	60.4	218.0
B	86.8	70.2	63.8	220.8
C	90.3	75.0	64.7	230.0
D	89.9	72.6	64.6	227.1
E	91.0	75.9	61.7	228.6
TOTAL DE LECTURA	448.9	360.4	315.2	1124.5

CUADRO 14

ANDEVA PARA SECADOR TIPO I

FUENTES DE VARIACION	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO CM	F OBSERVADA	F. TABULADA.		SIGNIFICANCIA
					5%	1%	
LECTURA	2	370.02	185.01	53.01	3.26	5.25	**
HILERAS	12	109.47	9.12	2.61	2.03	2.72	*
COLUMNAS	12	15.91	1.32	0.378	2.03	2.72	NS
TRATAMIENTOS	4	7.26	1.81	0.518	2.63	3.89	NS
TRAT. x LECT.	8	9.19	1.15	0.329	2.21	3.04	NS
ERROR	36	125.68	3.49				
TOTAL	74	637.53					

C.V. 12.46

** : Altamente Significativo

* : Significancia Al 0.05

N.S: No Significativo

C.V: Coeficiente de Variación

CUADRO 15

SUMATORIA DE HUMEDAD DE LOS TRATAMIENTOS EN LOS SECADORES
TIPO II

TRATAMIENTOS	LECTURAS TOTALES:			TOTAL DE CADA TRATAMIENTO
	1	2	3	
A	89.3	69.8	61.4	220.5
B	88.9	68.1	62.7	219.7
C	97.4	66.9	60.6	224.9
D	82.7	69.2	63.5	215.4
E	92.9	75.8	65.3	234.0
TOTAL DE LECTURA	451.2	349.8	313.5	1114.5

CUADRO 16

ANDEVA PARA SECADORES TIPO II

FUENTES DE VARIACION	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO CM	F OBSERVADA	F. TABULADA.		SIGNIFICANCIA
					5 %	1 %	
LECTURA	2	407.45	203.72	111.93	3.26	5.25	**
HILERAS	12	39.20	3.26	1.79	2.03	2.72	NS
COLUMNAS	12	11.70	0.98	0.538	2.03	2.72	NS
TRATAMIENTOS	4	13.27	3.32	1.824	2.63	3.89	NS
TRAT. x LECT.	8	22.51	2.81	1.544	2.21	3.04	NS
ERROR	36	65.44	1.82				
TOTAL	74	559.57					

C.V. 9.08

** : Altamente Significativo

NS : No Significativo

CV : Coeficiente de Variación



CUADRO 17

ANDEVA COMBINADO DE LOS DOS TIPOS DE SECADORES

FUENTES DE VARIACION	GL	SUMA DE CUADRADOS SC	CUADRADO MEDIO CM	F OBSERVADO.	F TABULADA		SIGNIFICANCIA
					5%	1%	
SECADORES	1	0.66	0.66	0.269	3.98	7.01	NS
LECTURAS	2	763.18	381.59	155.75	3.13	4.92	**
SEC. x LECTURAS	2	14.31	7.15	2.92	3.13	4.92	NS
HILERAS	24	148.68	6.19	2.53	1.72	2.15	NS
COLUMNAS	24	27.62	1.15	0.469	1.72	2.15	NS
TRATAMIENTOS	4	17.52	4.38	1.79	2.5	3.60	NS
SEC. x TRAT.	4	13.04	0.36	0.310	2.5	3.60	NS
LECT. x TRAT.	8	25.98	3.25	1.33	2.07	2.77	NS
SEC. x LEC. x TRAT.	8	20.02	2.50	1.02	2.07	2.77	NS
ERROR	72	176.78	2.45				
TOTAL:	149	1197.79					

C.V. 10.49

** : Altamente Significativo

NS : No Significativo

C.V: Coeficiente de Variación

CUADRO 18

LECTURA DE HUMEDAD EN LOS CINCO TESTIGOS

CRIOLLO HB-83 Nutricio B-1 HB-83

LECTURAS	1	2	3	4	5	\bar{x}
1 (17-1-85)	24.9	25.4	23.3	24.3	27.2	25.0
2 (21-1-85)	23.8	20.0	22.9	19.4	24.6	22.14
3 (25-1-85)	20.1	17.0	18.9	18.1	21.6	19.14

IX. A P E N D I C E :

TIPO DE SECADORES



VISTA FRONTAL DE
SECADOR TIPO I

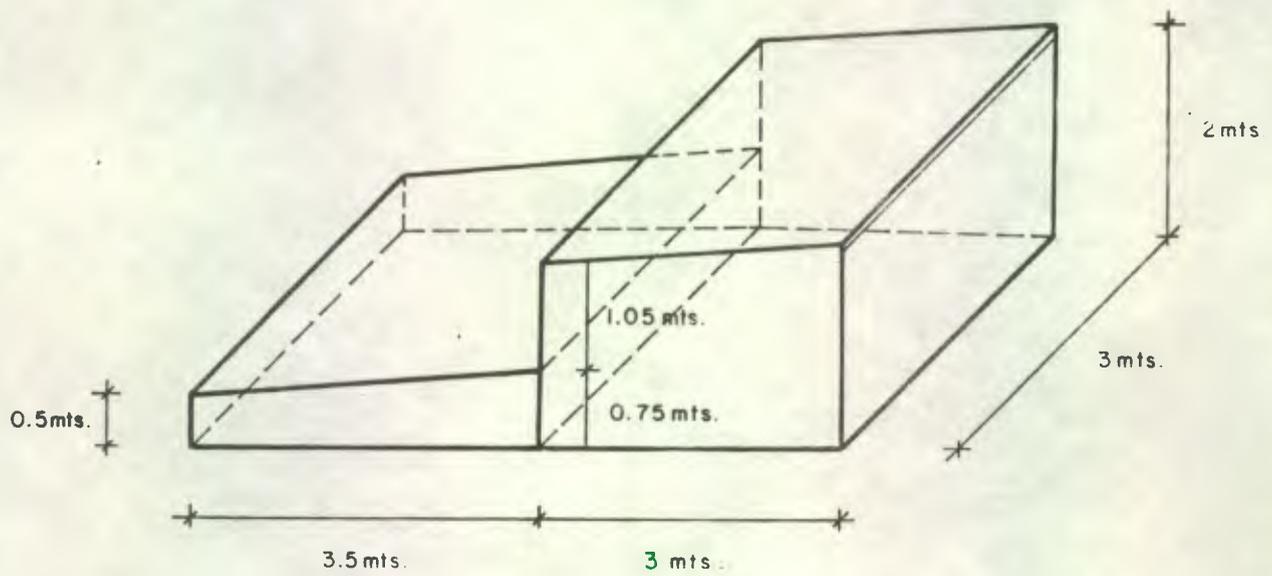


VISTA LATERAL DE
SECADOR TIPO I



VISTA LATERAL DE
SECADOR TIPO II

ESQUEMA DE UN SECADOR . ESCALA 1.75



COSTO DE CONSTRUCCION DE UN SECADOR SOLAR
CON UNA CAPACIDAD DE 22 qq

- 6 REGLAS (9' de largo)	Q.	5.00.
- 10 VARAS DE BAMBU	Q.	5.00.
- 0.5 LIBRA DE TACHUELA DE 1"	Q.	1.50.
- 1 LIBRA DE CLAVO DE 2"	Q.	0.80.
- 0.5 LIBRA DE RAFIA	Q.	1.00.
- 6.5 METROS DE PLASTICO NEGRO*	Q.	17.74.
- 16 METROS DE PLASTICO TRANSPARENTE	Q.	43.68.
- 4 JORNALES	Q.	16.00.
T O T A L : -----	Q.	<u>90.72.</u>

* METRO DE PLASTICO Q. 2.73

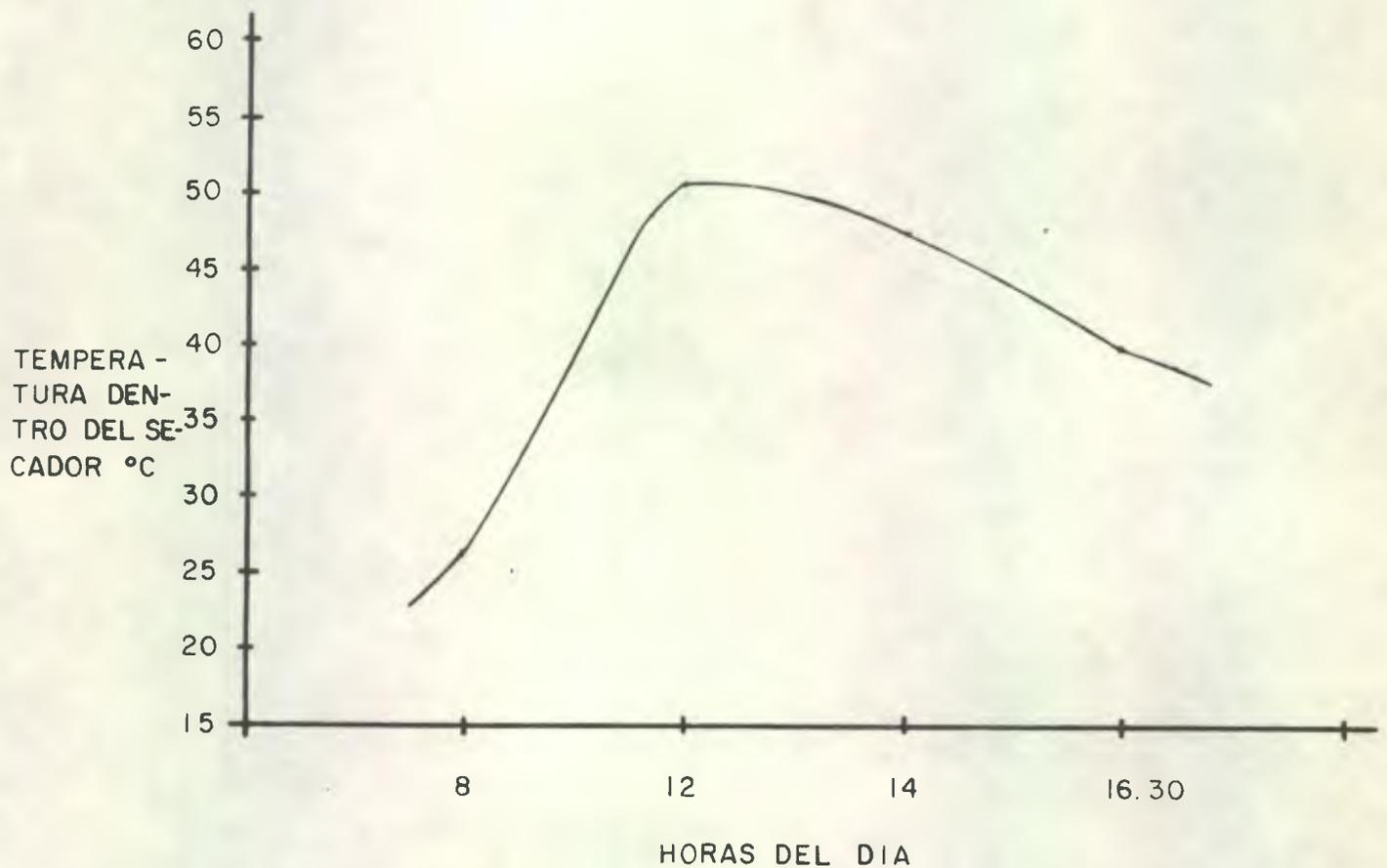


Figura No. 1: "GRAFICA DE LAS TEMPERATURAS PROMEDIO DENTRO DEL SECADOR DURANTE EL PERIODO DEL ESTUDIO."

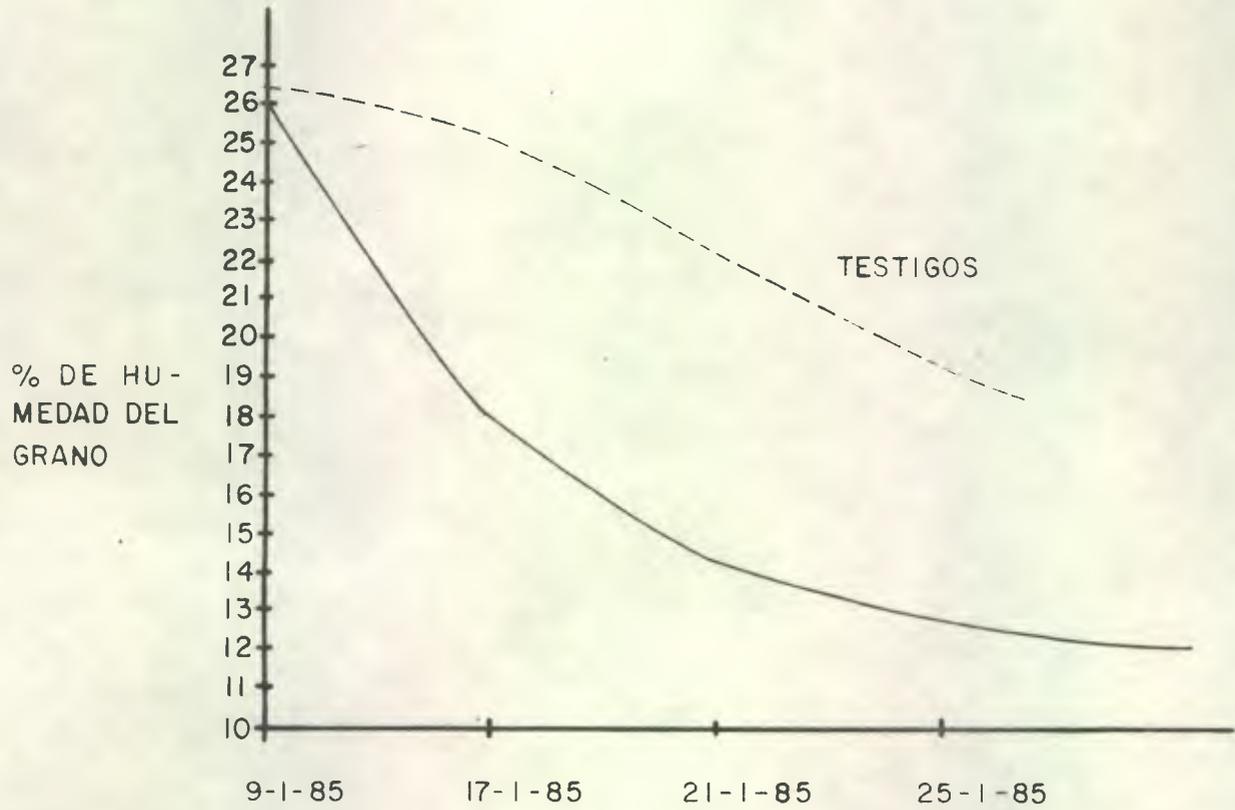
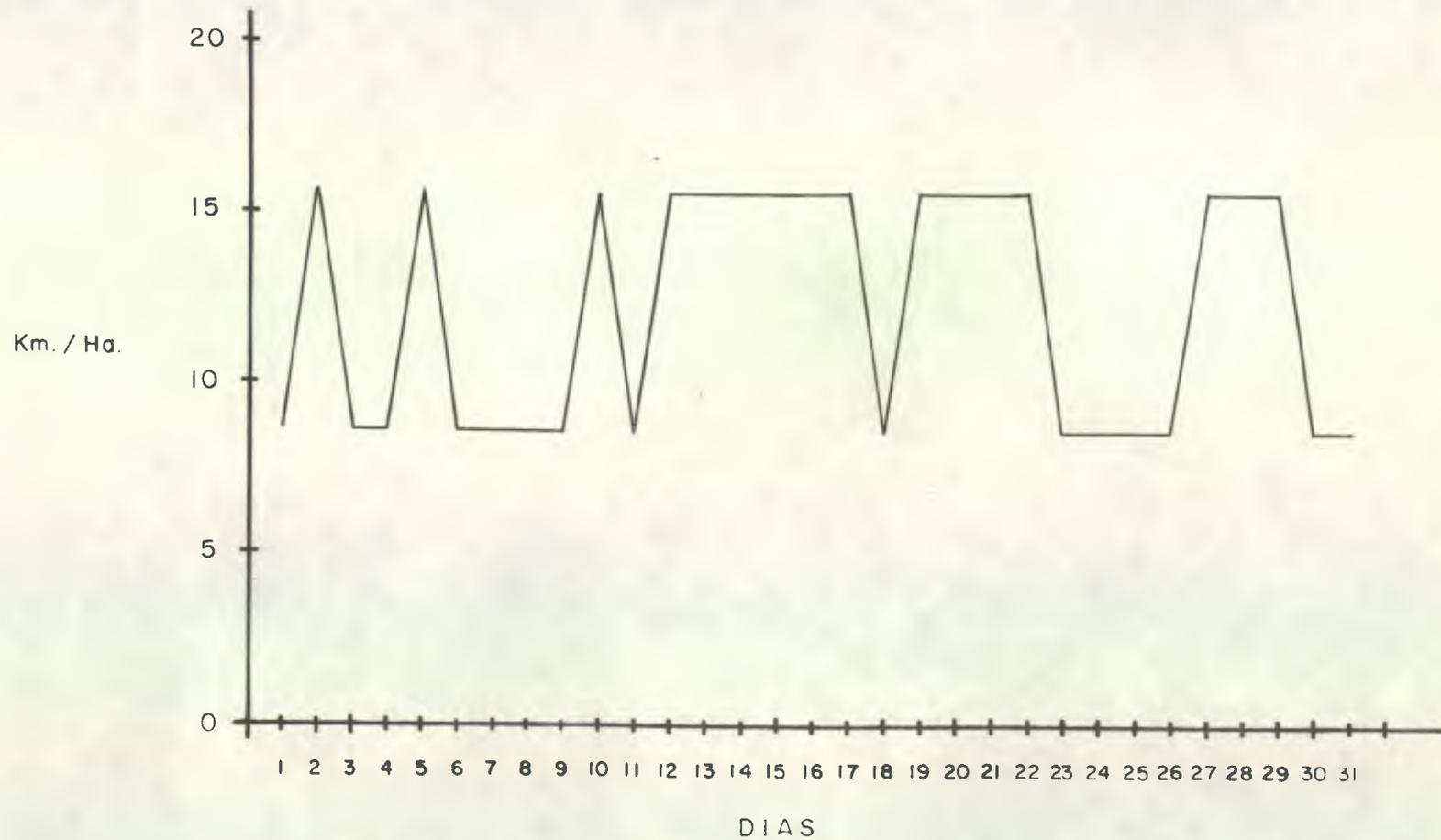


Figura No. 2: "GRAFICAS DE LA HUMEDAD PROMEDIO DE LAS TRES LECTURAS EN LOS TRATAMIENTOS Y TESTIGOS".

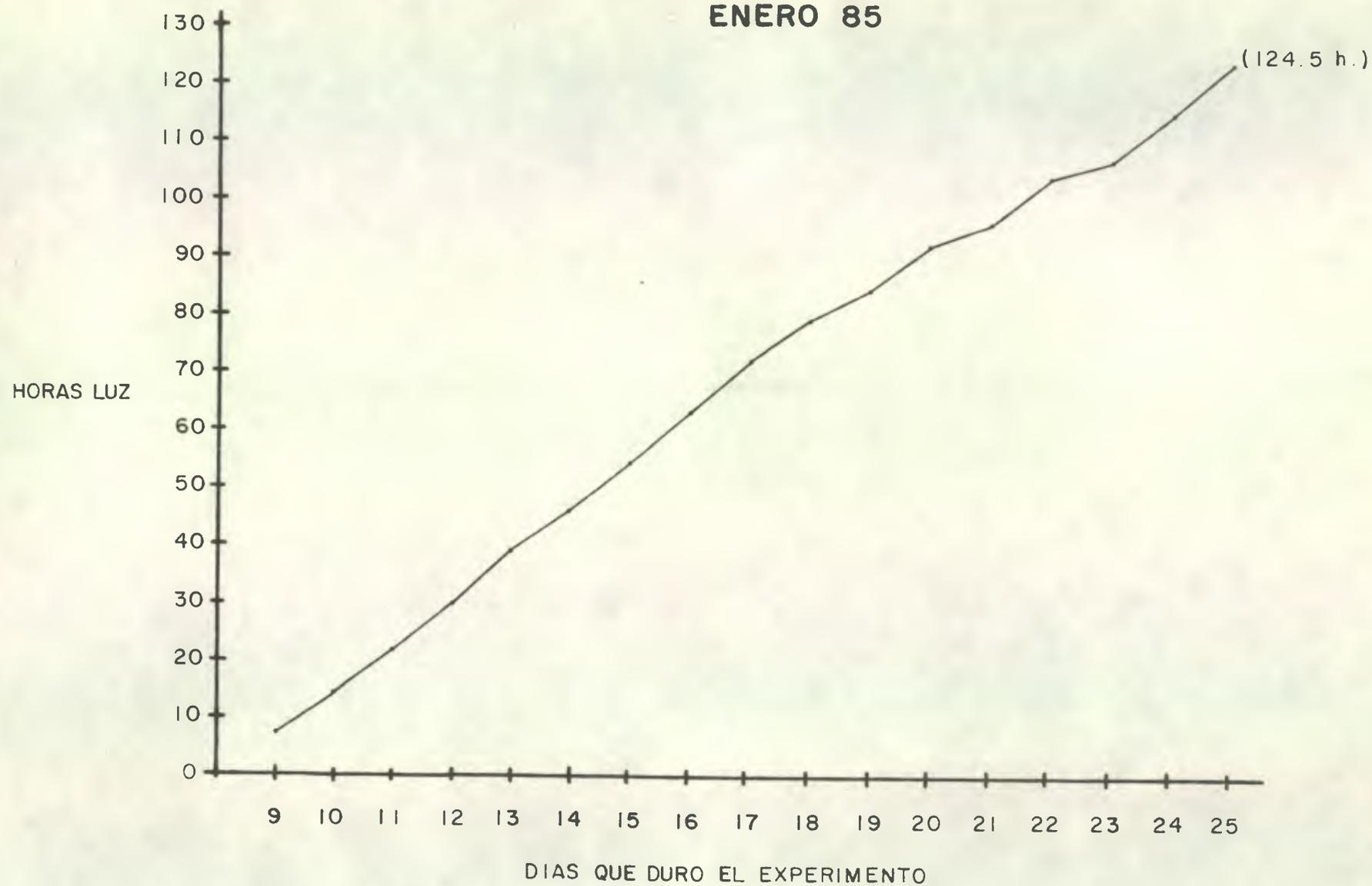
VELOCIDAD DEL VIENTO MEDIO REPORTADA
DIARIAMENTE, MES ENERO DE 1,985



FUENTE: I.N.S.I.V.U.M.E.H.
ESTACION: CATARINA

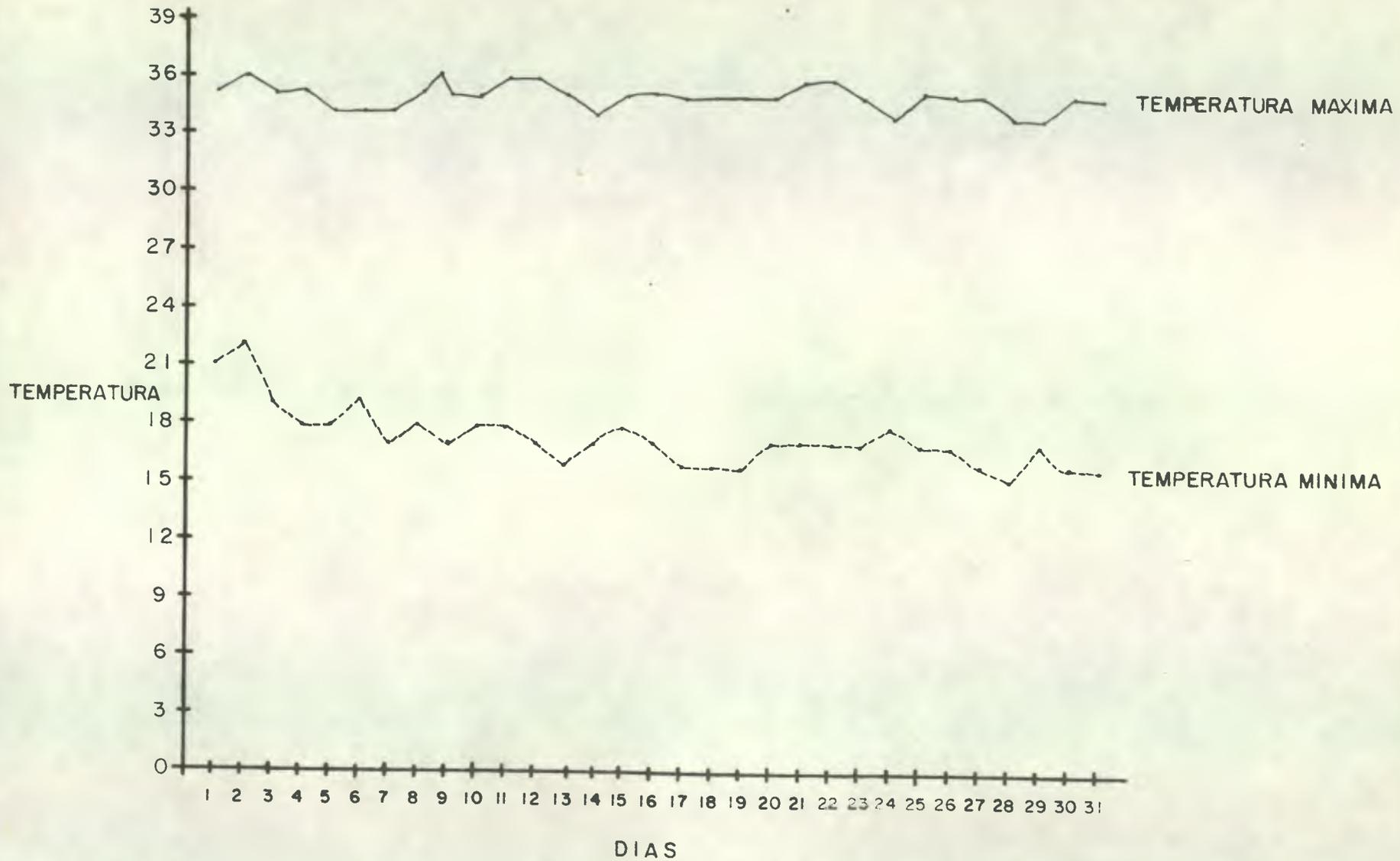
HORAS LUZ ACUMULADAS REPORTADAS DIARIAMENTE

ENERO 85



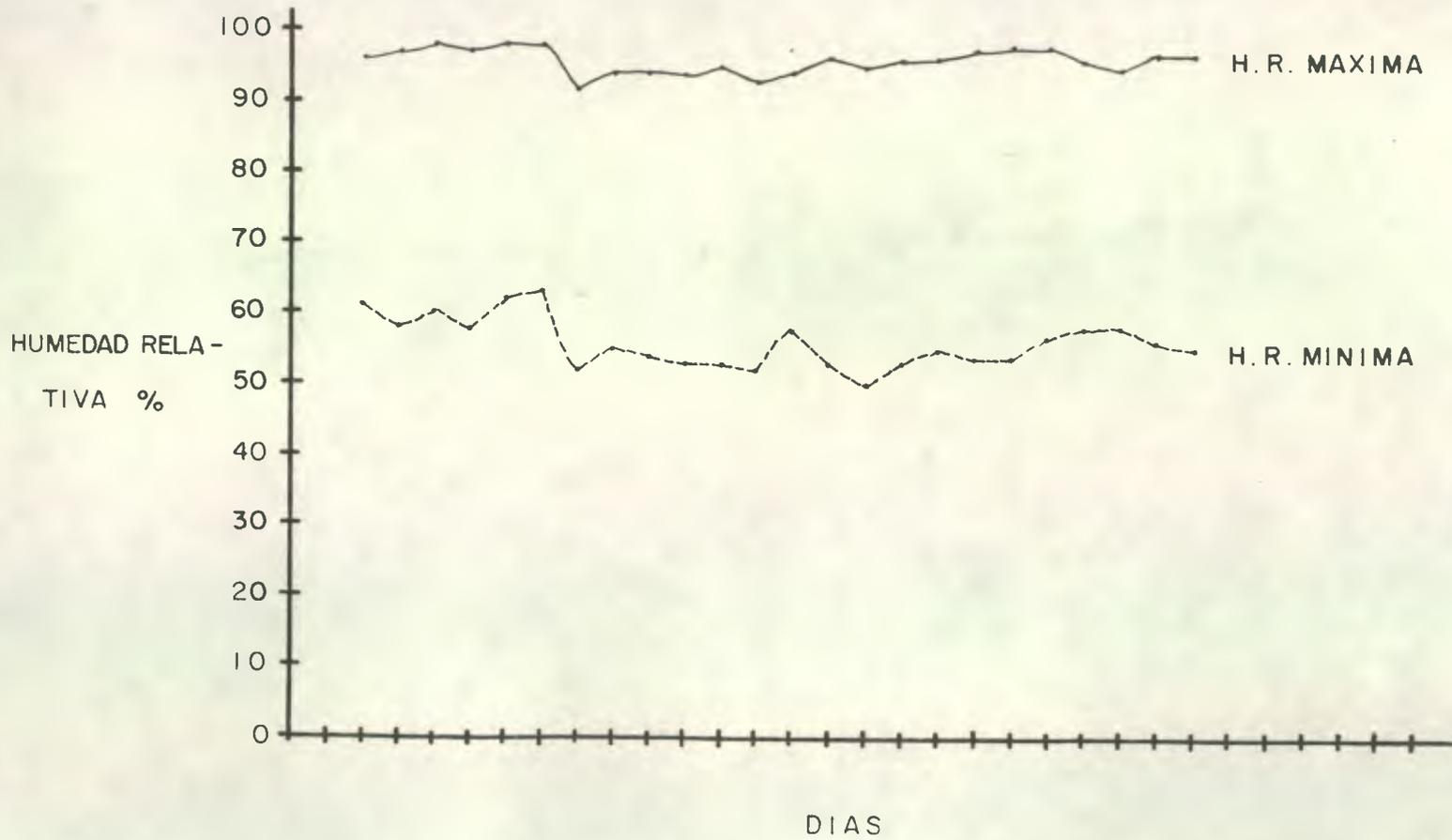
FUENTE: S.A.R.H.
ESTACION: SUCHIATE.

TEMPERATURA AMBIENTAL MAXIMAS Y MINIMAS REPORTADAS DIARIAMENTE DURANTE EN EL MES DE ENERO 1985



FUENTE: S.A.R.H.
ESTACION: SUCHIATE.

HUMEDAD RELATIVA MAXIMAS Y MINIMAS REPORTADAS DURANTE EL MES DE ENERO DE 1985



FUENTE: S. A. R. H.
ESTACION: SUCHIATE

X. BIBLIOGRAFIA:

1. CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. Tecnología del secador solar. Circular de CIP (Perú) 6(4):1-5.
2. ----- . 1981. Los agricultores ayudan a los científicos a cambiar los objetivos de la investigación. Circular de -- CIP (Perú) 4(9):1-3.
3. ----- . 1981. Con energía solar secan la papa noche y día. Circular de CIP (Perú) 9(8):1-3.
4. CENTRO MESOAMERICANO DE ESTUDIOS SOBRE TECNOLOGIA APLICADA (Gua.). 1980. Energía solar. Red. (Gua.) 2(3):2-6.
5. ----- . 1980. Invernadero de bajo costo para curado de blocks o para uso agrícola. Red. (Gua.) 2(2):1-3.
6. GUATEMALA. INSTITUTO DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA AGRICOLA. s.f. Evaluación de pérdidas precosecha en maíz en parcelamiento El Rosario, Retalhuleu. In informe Técnico Prueba de Tecnología Retalhuleu, 1985. Gua. p.85-89.
7. ----- . 1981. Experiencias iniciales en secamiento de manzana por energía solar. In informe Técnico del Programa de Frutales, 1982. Gua. p.45-53.
8. HOWEL, L. 1979. Enginer guide to solar energy. EE.UU., SEIS. P.35-38.
9. INSTITUTO CENTROAMERICANO DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL. 1981. Utilización de secadores solares para la preservación de granos. Gua. p.1-9.
10. ----- . 1983. Aplicaciones de energía solar. Gua. p.1-42.
11. KREIDER, J. 1979. Medium and high temperature solar processes. EE.UU., Academic Press. p.11-15.
12. ROA, G.; ROSSI, S. 1980. Secagem a armamentode productos agropecuarios com uso de energía solar e ar natural. Bra., Academia de Ciencias do Estado de Sao Paulo. p.6-8.
13. SALAZAR, H. 1978. Estudio sobre algunas características de radiación solar en Guatemala. Gua., Asociación Guatemalteca de Energía solar. v.2, p.9-14.

14. UNIVERSIDAD DE FELIPINAS, INSTITUTO DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS. 1981. Secador de usos múltiples. D+C (Alemania Federal) no.4:31.
15. UNIVERSIDAD NACIONAL DE PERU, INSTITUTO DE INVESTIGACION INDUSTRIAL Y DE NORMAS TECNICAS. 1980. Evaluación experimental de un secador solar de productos agrícolas de tipo indirecto. Perú. p.1-17.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto

"IMPRIMASE"




ING. AGR. ANIBAL B. MARTINEZ M.
D E C A N O