



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

**“EVALUACION EXPERIMENTAL DEL
SECADO INDUSTRIAL DE ARROZ PALAY
VARIEDAD MORELOS A - 70”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN ALIMENTOS
P R E S E N T A

INES ALCALA CASTRO

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1 9 8 5



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

C O N T E N I D O

1. ANTECEDENTES
2. OBJETIVOS
3. METODOLOGIA
4. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS
5. CONCLUSIONES
6. BIBLIOGRAFIA.

I N D I C E

Págs.

1. ANTECEDENTES.	1
a). Métodos de secado	7
b). Equipo de secado	10
i. Secadoras de lecho estático.	10
ii. Secadoras con movimiento del grano.	10
c). Condiciones de secado.	16
2. OBJETIVOS	22
3. METODOLOGIA	23
3.1. Instalaciones estudiadas.	23
3.2. Identificación de métodos, equipos y condiciones de secado.	23
3.2.(1) Identificación de métodos de secado.	23
3.2.(2) Identificación de equipos de secado.	23
3.2.(3) Identificación de <u>instalaciones</u> .	24
3.2.(4) Identificación de <u>condiciones</u> de secado.	24
3.3. Evaluación del efecto del secado Industrial sobre la calidad del grano de arroz.	25
3.3.(1) Procedimiento general.	25
3.3.(2) Selección y ubicación del lote.	25

	Págs.
3.3.(3) Toma, preparación y conservación de las muestras.	25
3.3.(4) Evaluación de la calidad	31
A) Metodología para la inspección de arroz palay.	31
a). Peso neto de la muestra.	31
b). Humedad de la muestra.	31
c). Aspecto general.	31
d). Homogenización y cuarteo.	33
e). Tamizado	33
f). Separación neumática	33
g). Inspección manual.	34
B) Metodología para la determinación de calidad molinera.	35
a). Humedad.	35
b). Descascarillado.	35
c). Blanqueo y grado de elaboración.	35
d). Clasificación de arroz entero y quebrado.	35
4. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS.	38
4.1. Identificación de instalaciones, equipos, métodos y condiciones de secado en los molinos evaluados.	38
4.1.1. Instalaciones.	38
4.1.2. Equipos.	38
A. Transporte.	39
B. Prelimpia.	39

	Págs.
C. Secado.	40
4.1.3 Métodos de secado.	40
4.1.4 Condiciones de secado.	53
A. Humedad al inició y final del secado.	53
B. Humedad eliminada por etapa.	54
C. Temperatura del grano.	54
D. Temperatura del aire de secado	55
4.2. Evaluación del efecto del secado sobre la calidad del grano de arroz.	63
4.2.1. Componentes físicos en lotes de recepción y lotes de secado.	63
A. Granos vanos e impurezas.	63
B. Granos descascariados	64
4.2.2. Evaluación de calidad molinera.	81
5. CONCLUSIONES.	115
6. BIBLIOGRAFIA.	117

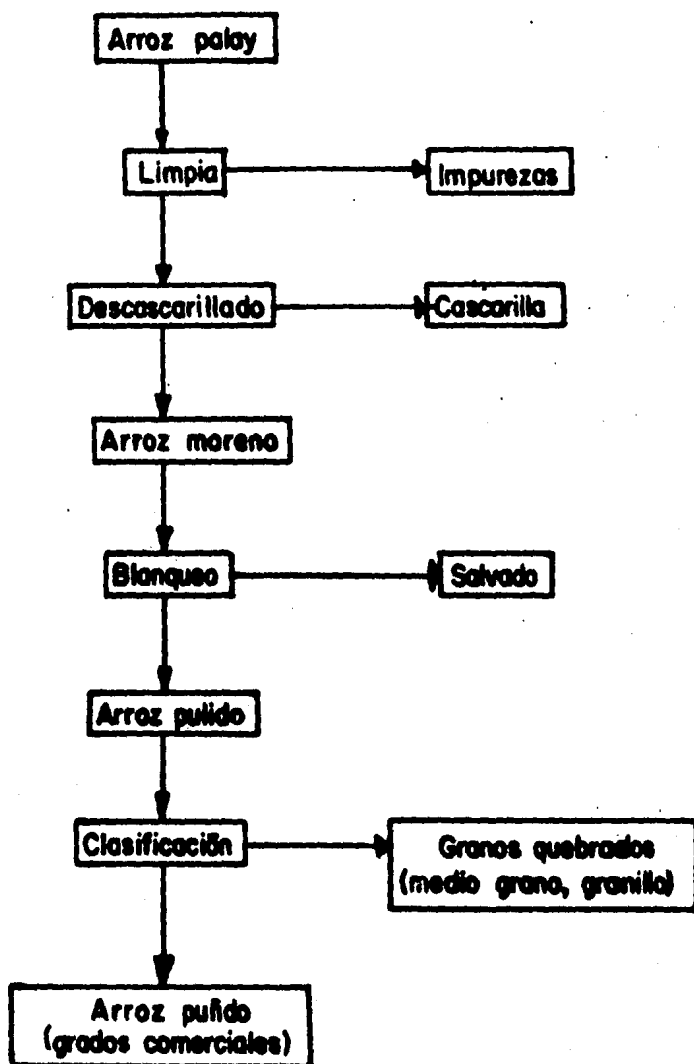
I. ANTECEDENTES.

El grano de arroz, a diferencia de otros cereales, para adecuarlo al consumo, generalmente no se somete a una molienda, sino a un proceso de separación de la cascarilla, las cubiertas del cariopside que constituyen el salvado y el germen (Figura 1) El producto en México se conoce como arroz pulido (Dirección General de Normas, 1982). Para obtener el arroz pulido, el grano cosechado debe someterse a una serie de etapas, las cuales en conjunto forman lo que se conoce como Sistema Postcosecha (Figura 2) (De Datta, 1981).

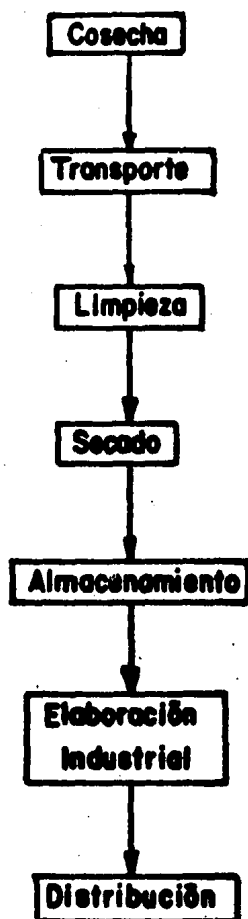
El rendimiento del producto principal (arroz pulido) depende de: a) Variedad, b) Calidad propia del lote, y c) Tecnología empleada en cada una de las etapas del Sistema Postcosecha. Pero no sólo el rendimiento de arroz pulido total es importante a la economía del sector arrocero, también es del mayor interés mantener a niveles bajos los rendimientos de granos quebrados y de granos defectuosos o dañados (picados, manchados, fermentados).

Entre las etapas del Sistema Postcosecha (Figura 2) las primeras de ellas -Cosecha a Secado- son determinantes del comportamiento del grano en las etapas subsiguientes (-Almacenamiento y Elaboración Industrial-)° Si la calidad del grano se afecta durante aquéllas etapas previas, nada puede hacerse en estas últimas para mejorarla.

Fig.1 OPERACIONES BASICAS EN LA ELABORACION DEL ARROZ PALAY



**Fig.2 SECUENCIA DE ETAPAS DEL SISTEMA
POSTCOSECHA ARROCERO(a)**



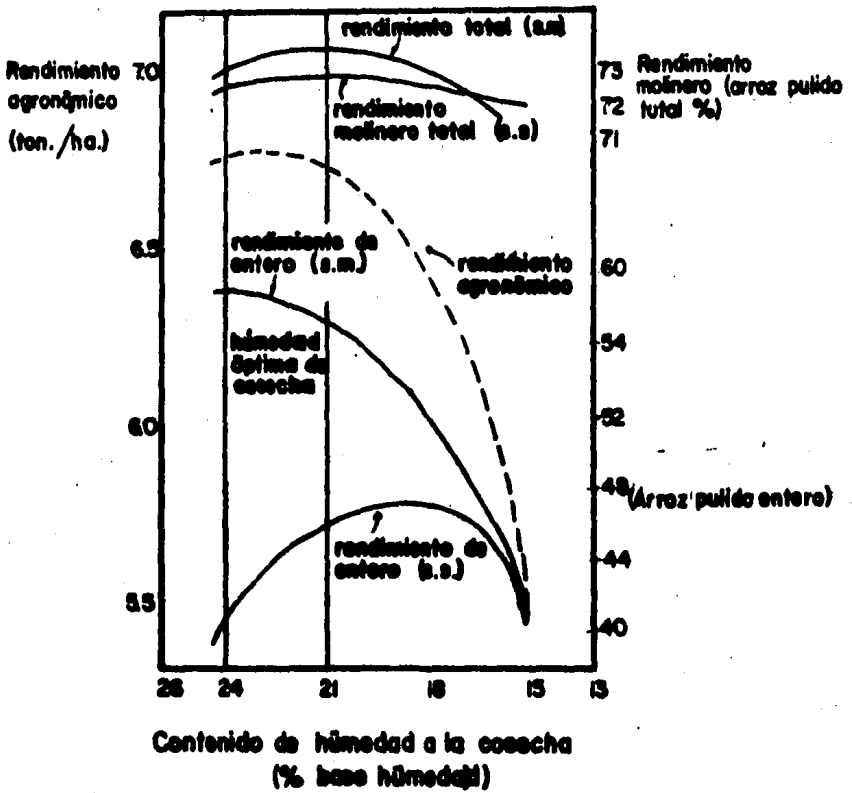
La cosecha comprende la siega y la trilla. La siega consiste en el corte de tallo, hojas y panícula, y la trilla es la separación del grano de la panícula. Existen dos métodos básicos para llevar a cabo la cosecha: a) manual, b) mecánica. Con relación a los rendimientos agronómicos de arroz y la calidad del mismo, el tiempo de cosecha es de primordial importancia. Datos disponibles (Figura 3) indican que existe un tiempo óptimo de cosecha para conseguir rendimientos agronómicos y molineros máximos. Este contenido de humedad óptimo generalmente se localiza alrededor de 21% a 24% (De Datta, 1981).

Pero el grano cosechado con este porcentaje de humedad ha de secarse lo más inmediatamente posible, si se quiere mantener la actividad de microorganismos, la respiración y germinación del grano a niveles bajos, para evitar los riesgos de daños (Figura 4) Esto impone la necesidad de un transporte rápido del campo a la estación de secado y proceder a la operación de secado con la mayor brevedad posible.

El secado es una operación que se basa en la acción evaporante por arrastre debida a la corriente de aire sobre el grano de palay húmedo, cuya agua vaporiza si las condiciones externas lo favorecen.

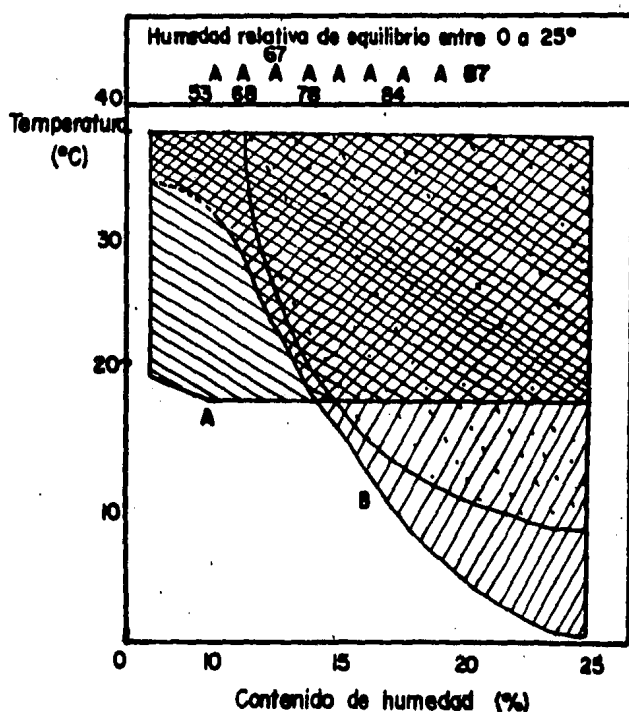
La Tecnología de secado comprende: a) Los métodos, b) Los equipos, y c) Las condiciones.

Fig.3 Efecto de la humedad de cosecha sobre el rendimiento agronomico y molinero.*



*De Datta, 1981

Fig. 4 Temperatura, Humedad relativa y conedò de humedad para el almacenamiento seguro contra el desarrollo de insectos, hongos y disminuci3n de la tasa de germinaci3n.



- Sin riesgo.
- Calentamiento por insectos.
- Disminuci3n de la tasa de germinaci3n.
- Calentamiento por hongos.

- A Parámetros mínimos de desarrollo de insectos.
- B Parámetros mínimos de la germinaci3n.
- C Parámetros de desarrollo de hongos.

La combinación de estos factores es de interés por cuanto tienen influencia sobre las pérdidas de calidad, la velocidad del proceso y la economía del mismo.

a) Métodos de Secado.

Los métodos de secado básicos en el caso del arroz palay son tres:

- Secado con energía solar ó natural.
- Secado artificial y
- Secado combinado (natural con artificial)

En el método de secado con energía solar la velocidad de secado depende de la intensidad de la radiación solar, de la velocidad del aire sobre el grano, del espesor de la capa y de la frecuencia de movimiento. El grano se extiende en pisos de concreto o en pisos compactos formando una capa de 2.5 a 5 centímetros de espesor la cual se mueve a intervalos. Un factor importante en este método es el ciclo de secado y humidificación al que está sometido el grano entre el día y la noche. El secado con energía solar puede durar de 3 a 4 días, si las condiciones climáticas no son desfavorables.

El secado artificial se lleva a cabo por medio de secadoras mecánicas, el método se relaciona con los parámetros del Cuadro I.

En el secado combinado existe una unión -
de los dos métodos descritos anteriormente.

CUADRO 1 ALTERNATIVAS DE LOS PRINCIPALES
PARAMETROS DE SECADO DEL ARROZ PALAY.

PARAMETRO DE SECADO	ALTERNATIVAS
MOVIMIENTOS DEL GRANO	Estático Movimiento
ESPESOR DE LA CAPA	Delgada Profunda
MEZCLADO DEL GRANO	Sin Mezclado Con Mezclado
AIRE	Artificialmen <u>te</u> calentado. Ambiental.
FLUJOS RELATIVOS AIRE - GRANO	Paralelo Contracorrien <u>te</u> . Cruzado.
NUMERO DE PASOS	Un paso Varios pasos (con reposo en <u>tre</u> pasos)

b) Equipos de Secado.

Los equipos para el secado artificial más comunes son: i) Secadoras de lecho estático y ii) Secadoras con movimiento del grano.

i) Secadoras de lecho estático.

En este tipo de secadora se utiliza generalmente aire del medio ambiente y ocasionalmente aire artificialmente calentado.

Este tipo de secadoras se representa en la Figura 5. Pueden ser de sección circular ó rectangular. El material empleado para su construcción es metal, madera o cualquier otro tipo, con la única condición que las paredes sean impermeables al aire y a la humedad.

La distribución del aire se hace por medio de pisos perforados, por un conducto central horizontal ó por un conducto central ramificado horizontalmente.

Este tipo de secadora se trabaja por lotes.

ii) Secadoras con movimiento del grano.

Estas secadoras utilizan aire artificial calentado. Se representan en las figuras 6, 7, y 8.

En base al movimiento del grano dentro de la secadora se clasifican en:

- Secadoras sin mezclado y
- Secadoras con mezclado.

SECADORAS SIN MEZCLADO DEL GRANO. En este tipo de secadoras el arroz fluye en trayectoria recta por gravedad, el aire caliente, enviado de abajo hacia arriba de la cámara central vacía se evacúa a través del palay que baja, la dirección relativa de los flujos del grano y aire es perpendicular. Debido a que el grano no es homogenizado el secado no es uniforme esto puede ocasionar problemas -- tales como secado excesivo en la capa próxima a la entrada del aire. En la Figura 6 se observa una secadora de cascada sin mezclado.

SECADORAS CON MEZCLADO DEL GRANO. Las paredes de estas secadoras están constituidas por mamparas o placas deflectoras alternadas que obligan al arroz a bajar en cascada mezclándose entre las dos paredes, mientras el aire caliente penetra de abajo hacia arriba y sale al exterior atravesando la capa descendente del palay en movimiento. Con este tipo de movimiento se tiene una homogenización completa, lo que hace que se tenga un secado más uniforme y con menor riesgo de secado excesivo en alguna fracción del lote. La Figura 7 representa una secadora de cascada con mezclado del grano.

SECADORA DE CASCADA TIPO L.S.U. (LOUISIANA STATE UNIVERSITY). Este tipo de secadora (Figura 8) está constituida de compartimentos verticales a través del cuál se instalan canales de aire en forma de "V" invertida, por donde el arroz fluye hacia abajo. Los canales de aire están conectados en forma alter

nada con la cámara de aire de entrada y con la cámara de aspiración. La masa de palay baja subdividiéndose en el ángulo de cada canal o ducto. Por un lado el aire caliente penetra por los ductos atravesando las capas descendentes del palay y sale por los ductos superiores por la cara opuesta. Los granos de arroz están así expuestos, durante un corto tiempo a la temperatura máxima del aire de secado.

Fig. 5 Secadoras de leche estático

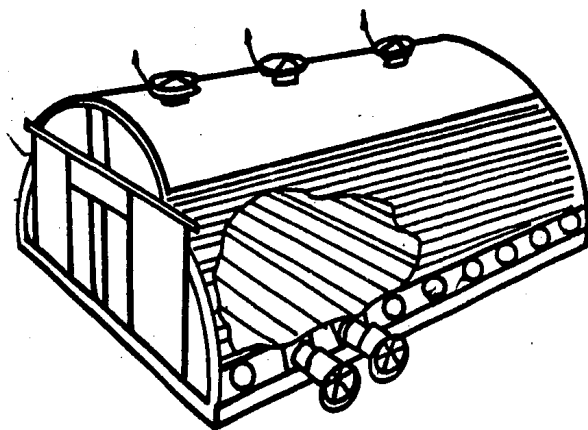
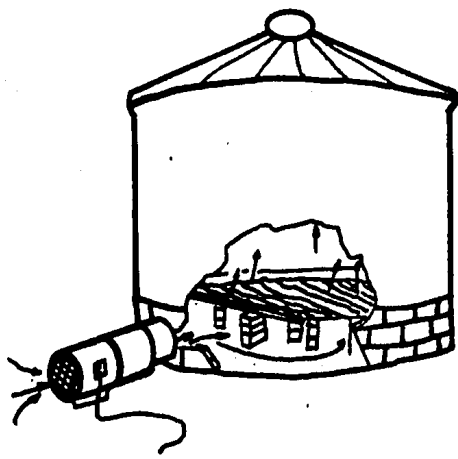


Fig. 6 Secadora de Cascada sin mezclado del grano.

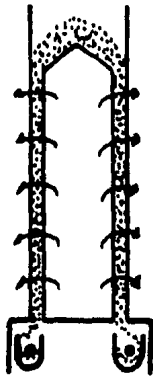


Fig. 7 Secadora de cascada con mezclado del grano.

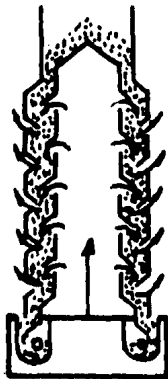
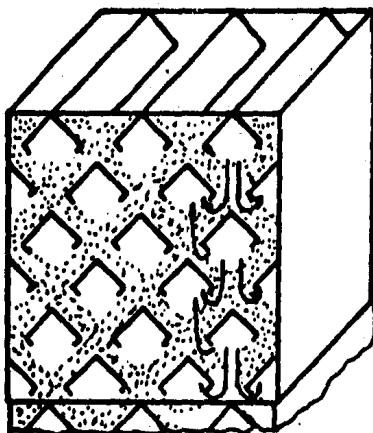


Fig. 8 Secadora de Cascada tipo L.S.U.



c). Condiciones de secado.

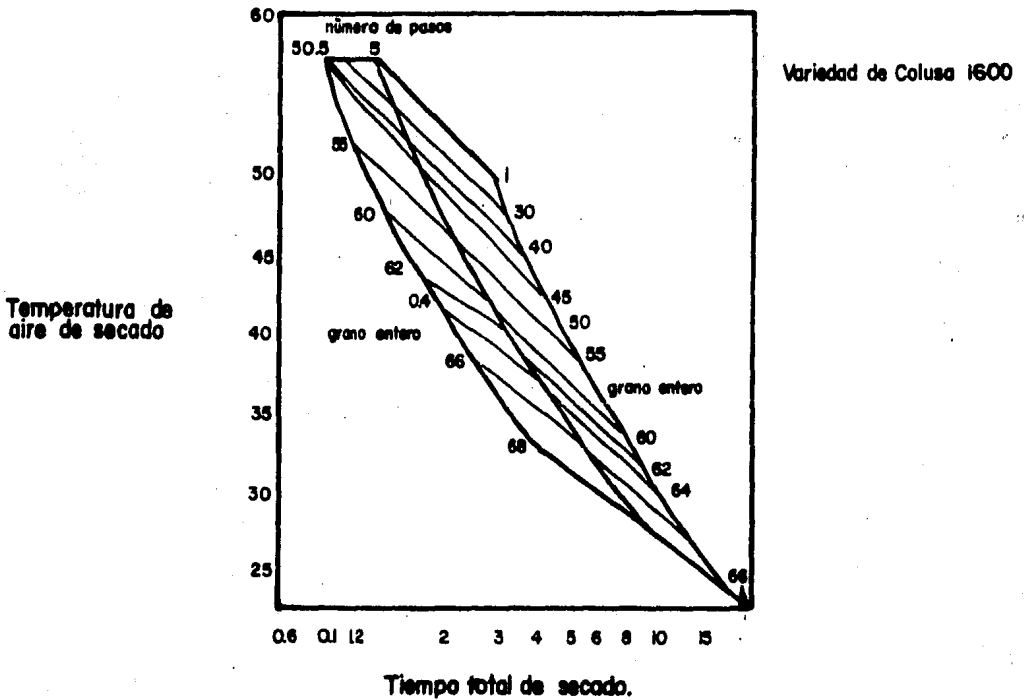
Las condiciones a las que se somete el grano durante la operación de secado son importantes ya que están relacionadas con la velocidad del proceso y con los daños ocasionados al grano durante el mismo. Estas son:

1. Temperatura del aire de secado.
2. Velocidad del aire de secado.
3. Humedad eliminada del grano, total y por etapa.
4. Espesor del lecho o capa de arroz.
5. Secado en uno o varios pasos.
6. Humedad inicial y final del grano.
7. Temperatura del grano.

En la figura 9 se puede observar que la combinación temperatura del aire de secado-número de pasos tiene un efecto notable en la calidad molinera del grano y sobre la velocidad del proceso.

Las recomendaciones que se hacen a continuación son muy generales y lo más conveniente en la práctica es hacer una combinación de ellas o bien trabajar las que estén más de acuerdo a nuestras necesidades para tener resultados favorables.

Fig. 9 Efecto de la temperatura del aire de secado y el número de pasos de secado sobre rendimiento de enteros y el tiempo de secado.*



* Thompson et al, 1955

(Ramírez, 1966) recomienda secar el palay lentamente a bajas temperaturas 43°C para evitar producción de fisuras o roturas.

Las velocidades de aire varían entre 0.30 y 0.50 metros por segundo y cantidades de humedad por eliminar del grano hasta de 6%.

El espesor del lecho o capa de arroz varía de 8 a 24 centímetros para secadoras con movimiento y de 2.5 a 3 metros para secadoras de lecho estático, (Angladette, 1969).

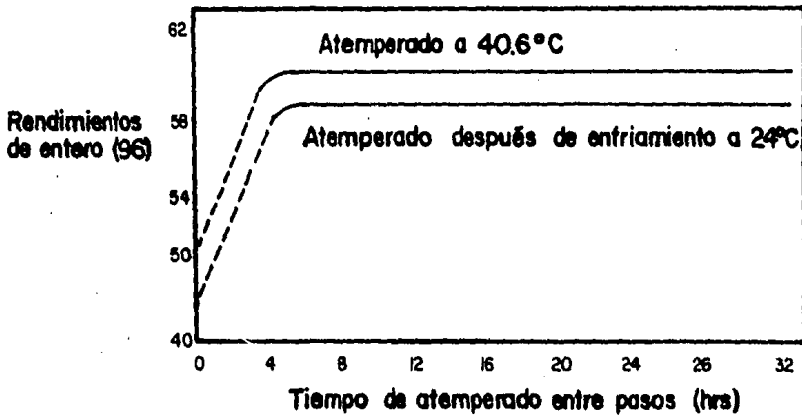
Si el grano de arroz se somete a una eliminación rápida de humedad se originan esfuerzos mecánicos excesivos por la formación de gradientes de humedad entre la superficie y el interior del grano produciéndose fisuras y posibles roturas, ésto no ocurre si el secado se realizá en una serie de pasos, en cada paso el arroz se expone al aire caliente durante 15 - 30 minutos reduciéndose el contenido de humedad 2-3 unidades, siguiendo luego un período de reposo que tiene como finalidad eliminar el gradiente de humedad creado, puede variar de 6 a 24 horas.

El período de reposo entre pasos es conocido comúnmente como tiempo de ATEMPERADO y su finalidad es: Acortar el tiempo total de secado y ayudar a prevenir el rompimiento del grano durante su elaboración.

En la figura 10, se muestra el efecto del tiempo de atemperado y temperatura del aire - de secado sobre el rendimiento de enteros, los datos indican que períodos de atemperado de 4 horas son adecuados si la temperatura del - arroz es de 40.6°C , si el arroz se enfría a - una temperatura de 24°C inmediatamente después del secado se requiere un período de reposo de 6 horas. De lo anterior se concluye que la temperatura de arroz afecta el tiempo requerido-- para un equilibrio de humedad adecuado.

Como se mencionó antes el contenido de - humedad óptimo a la cosecha es de 21% a 24% el cuál es muy superior al requerido para un almacenamiento seguro contra factores biológicos por - lo que es necesario llevarlo a 13 - 14%.

Fig. 10 Rendimientos cuando el grano de arroz es atemperado a varios tiempos y temperaturas.*



Temperatura de aire de secado = 43.3°C
 Secado en tres pasos
 Humedad inicial = 20% bh.
 Humedad final = 13% bh.

* Wasserman et al. 1964

Como puede observarse en los apartados - anteriores la tecnología aplicada en la cose - cha, manejo presecado y secado puede ser causa de reducción de la calidad del grano y de pér - didas materiales.

En México no se dispone de información - técnica acerca de la tecnología que se está - empleando en dichos procesos, ni en el efecto - que están teniendo sobre las pérdidas materia - les y de calidad. Un conocimiento de ello es - requisito indispensable para diseñar estrate - gias de mejora, cuando sean necesarias.

En este sentido, el Laboratorio de Tecno - logía de Cereales de la FES-CUAUTITLAN (UNAM) a partir de 1980 con el apoyo del Consejo Na - cional de Ciencia y Tecnología, del Consejo - Superior de Investigaciones Científicas (Espa - ña) y la Cámara Nacional de la Industria de -- Transformación ha iniciado una evaluación expe - rimental de las diferentes etapas del Sistema - Postcosecha Arrocerero en México.

El presente trabajo es una contribución - al proyecto general, y consiste en una evalua - ción experimental del Sedo Industrial del - arroz palay en molinos ubicados en el estado - de Morelos donde se procesa la Variedad More - los A-70.

2. OBJETIVOS

1. Identificar las Instalaciones, Equipos, Métodos y Condiciones de Secado que industrialmente se utilizan en México para secar el arroz palay variedad Morelos A-70.

2. Evaluar el efecto del secado industrial sobre la calidad molinera del arroz palay variedad Morelos A-70.

3. Identificar las condiciones, prácticas y/o instalaciones que más están afectando la calidad del grano de arroz con especial énfasis en la Calidad Molinera.

3. METODOLOGIA

3.1. Instalaciones estudiadas.

Para este estudio se localizó la zona geográfica en donde se procesa la variedad Morelos A-70, encontrándose que los principales Estados son Morelos y Puebla. Existen 9 molinos de los cuáles se estudiaron 4, que se considera practican una tecnología de secado representativa en la zona.

3.2. Identificación de Métodos, Equipos, Instalaciones y Condiciones de Secado.

3.2.(1) Identificación de Métodos de Secado.

La identificación de los métodos de secado se hizo a pie de instalación de secado y se basó en la clasificación que hemos establecido en el capítulo de antecedentes, y son: Secado al sol, Secado artificial y Secado combinado.

3.2.(2) Identificación de Equipos de Secado.

Los equipos de secado y sus características más importantes se identificaron a pie de instalación de secado mediante entrevista con los técnicos responsables de la operación y por observación directa.

3.2.(3) Identificación de Instalaciones.

Para la identificación de las instalaciones después de localizar la zona geográfica y seleccionar los molinos a estudiar, se elaboró de cada uno de ellos a partir de la información obtenida el correspondiente diagrama de las Areas de Secado.

3.2.(4) Identificación de Condiciones de Secado.

Las condiciones de secado evaluadas fueron:

- Humedad relativa del aire de secado a la entrada y salida de la secadora. Se midió por medio de un Higrómetro de carátula.

En caso de secado al sol moviéndose con él por las orillas y a través del asoleadero.

En caso de secado mecánico se colocó el Higrómetro en los puntos de entrada y salida del aire de la secadora.

- Humedad inicial y final del grano. Fue medida por medio de un determinador rápido -- "DIGITAL MOISTURE 700 BURROW"

- Temperatura del aire de secado. Para su medición se colocó un termómetro de carátula a la entrada y salida del aire de secado.

- Temperatura del grano. Cuando se tuvo la muestra total en las bolsas se insertó un termómetro de mercurio de 0°C a 110°C dentro de ellas, dejando que se estabilizara la temperatura se hizo la lectura correspondiente.

- Tiempo total de secado. Se midió con un cronómetro el tiempo desde que entró el grano a la secadora hasta el momento de salida.

3.3. Evaluación del efecto del secado industrial sobre la calidad del grano de arroz.

3.3.(1) Procedimiento General.

El procedimiento general seguido en la evaluación del efecto del secado industrial sobre la calidad del grano de arroz se muestra en la Figura 11.

3.3.(2) Selección y ubicación del lote. Se efectuó a pie de instalación de secado tratando de evaluar el mayor número de métodos. Para complementar el estudio se tomaron muestras de lotes de recepción.

3.3.(3) Toma, preparación y conservación de las muestras.

En cada uno de los lotes seleccionados se realizó un muestreo a fin de tener muestras representativas de las operaciones estudiadas.

La Figura 12 muestra los pasos que se siguieron desde el momento en que se tomó la

Fig. II PROCEDIMIENTO GENERAL EN LA EVALUACION DEL EFECTO DEL SECADO INDUSTRIAL SOBRE LA CALIDAD DEL GRANO DE ARROZ.

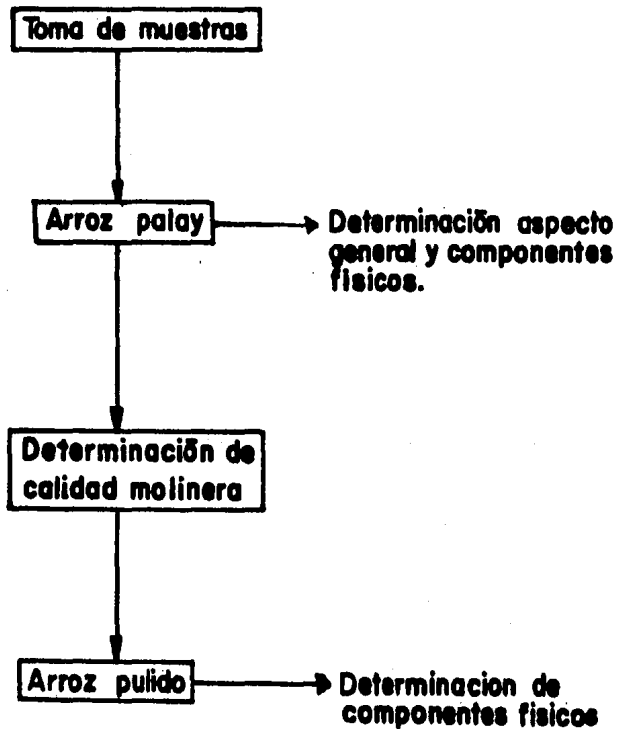
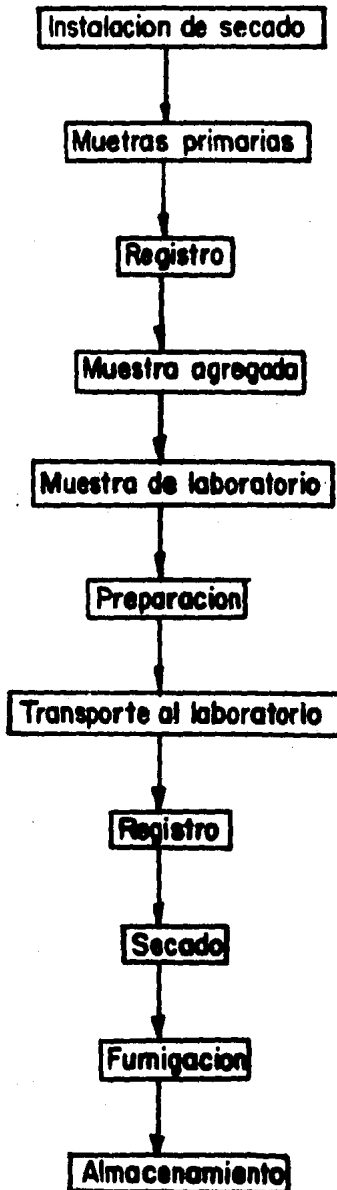


Fig. 12 PROCEDIMIENTO QUE SE SIGUIÓ DESDE EL MOMENTO DE LA TOMA DE MUESTRA HASTA SU ALMACENAMIENTO.



muestra hasta su almacenamiento.

Lote de Recepción: La toma de muestras de los lotes de recepción se hizo cuando los sacos son descargados de los camiones y colocados junto a una tolva, donde de uno por uno son descocidos y vaciados, de cada uno de ellos se tomó una muestra primaria, dependiendo del número de sacos que formó el lote se muestreó un mínimo de 10%, cada muestra tomada de esta forma correspondió a la muestra primaria.

Lote en la Operación de Secado. La toma de muestras de secado con energía solar, se hizo al inicio cuando el costal de arroz es descargado en el piso de secado, posteriormente cada hora ó cada media hora dependiendo de la frecuencia de movimiento de por lo menos 25 puntos del área ocupada por la plaza, y al final cuando el arroz se va a guardar. Las muestras se tomaron manualmente ó con un recipiente y se colectaron en un saco o bolsa formándose así la muestra primaria. La muestra de laboratorio se obtuvo por cuarteo de la muestra primaria y fué de aproximadamente 1 Kg.

La toma de muestras en el caso de secado mecánico se realizó a la entrada de la secadora y al final durante el tiempo que duró el período de descarga, estableciendo un intervalo de tiempo de 10 minutos entre cada muestreo, ésta fué la muestra primaria de donde se obtuvo por cuarteo la muestra de laboratorio.

En caso de Secadora Estática o de Celda - el muestreo se llevo a cabo al inicio y al final del período de secado, la superficie total se dividió en subáreas y cada subárea originó entre 15 y 25 muestras de diferentes niveles - formándose así la muestra primaria y posteriormente por cuarteo la muestra de laboratorio.

Preparación de Muestras de Laboratorio.

Las muestras tomadas de recepción y secado se colocaron en bolsas de plástico con una etiqueta que tenía la siguiente información; - Lugar de procedencia de la muestra nombre del molino, se numeraron progresivamente correspondiendo a muestras de recepción o muestras de secado.

Transporte y manejo de muestras al laboratorio.

Las muestras fueron transportadas al laboratorio en bolsas de polietileno con una capacidad de aproximadamente 1 Kg., al llegar se registraron y agruparon por molino, se les determinó humedad, en un determinador rápido -- "DIGITAL MOISTURE 700 BURROW", aquellas con mucha humedad (15 - 18%) se secaron a la sombra a temperatura ambiente hasta reducirla a 12-13%. Una vez que se alcanzó ésta humedad y que están registradas, se procedió a determinar Aspecto General (del que hablaremos en un apartado posterior), posteriormente fué necesario preservarlas del ataque de insectos y del desarrollo de microorganismos. El tratamiento de conservación consistió en la aplica-

ción de fumigante, para esto se colocaron las muestras en una cámara de cierre hermético - dentro de sacos de manta de tal manera que -- existiera una penetración adecuada del gas fumigante.

Las muestras ya fumigadas se almacenaron - manteniendo las condiciones ambientales sin mucha variación. Para tener un mejor control del almacenamiento, se colocó un higrómetro y termómetro dentro, se llevó una memoria escrita - de Humedad Relativa y Temperatura cuando menos tres veces al día.

3.3.(4) Evaluación de la Calidad.

A. Metodología para la Inspección de - Arroz Palay

En cada una de las muestras colectadas se llevó a cabo la inspección de arroz palay que se muestra en la Figura 13.

a) Peso neto de la muestra.

El peso neto de la muestra es el peso del arroz palay sin considerar el peso del empaque, se expresa en granos de arroz palay. Se determinó por pesada directa en balanza granataria.

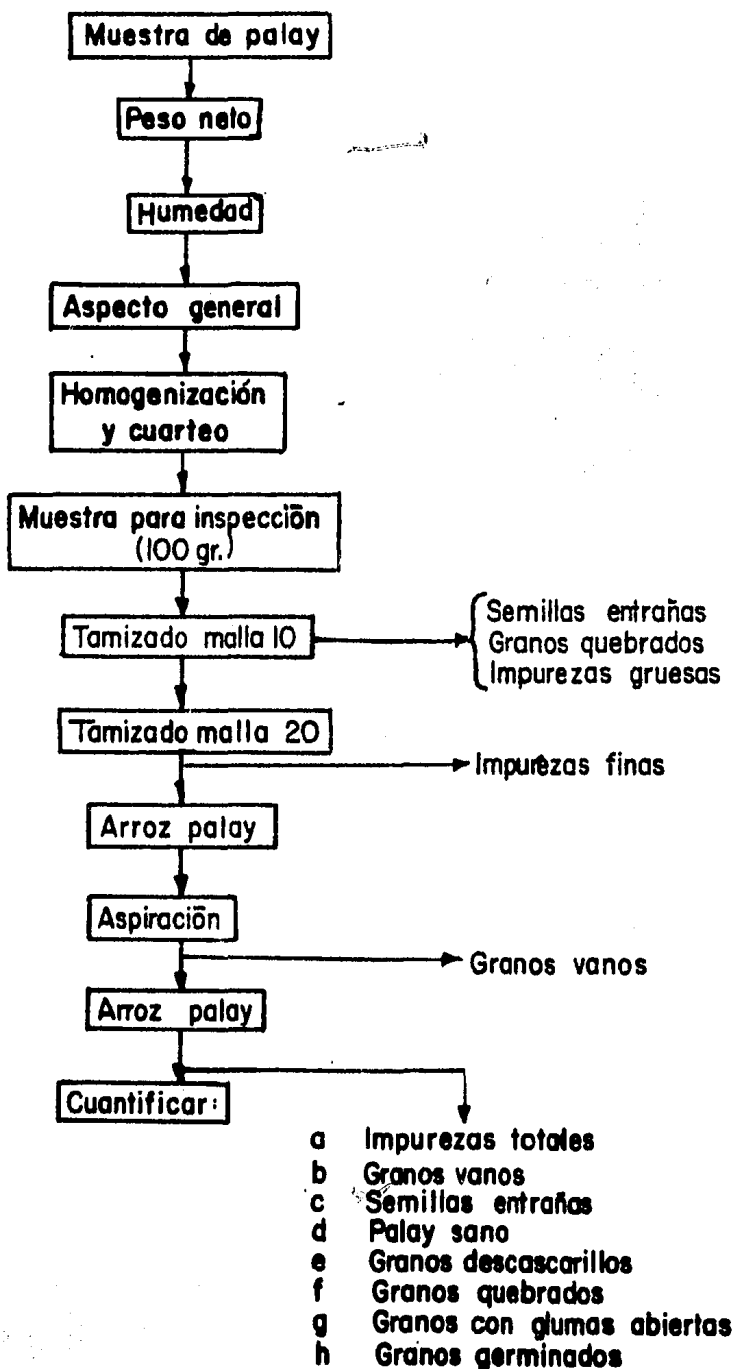
b) Humedad de la muestra.

Se hizo en una determinadora de respuesta rápida "DIGITAL MOISTURE COMPUTER 700 BURROW".

c) Aspecto General.

El aspecto general u observación macros - cópica de arroz palay es el conjunto de observaciones sobre la impresión organoleptica de - la misma. Es un dato que permite tener un índice cualitativo de la composición física y de - defectos de la muestra como un todo. Esta determinación consiste en una apreciación visual, - después de extender la muestra sobre una charo la de cartón de tal manera que se forme una ca pa delgada de arroz palay. Entre las observa - ciones a realizar están color de la superficie del grano, presencia de pajas de tamaño grande, tierra adherida, manchas y cualquier otro de - defecto que sea claramente distinguible.

Fig. 13 PASOS EN LA INSPECCION DE ARROZ.



d) Homogenización y cuarteo.

La homogenización consiste en un mezclado intenso en una bolsa más grande que la que contiene la muestra. Después de mezclar se procedió a extender la muestra sobre una cartulina y dividirla en cuatro porciones, se juntaron las porciones opuestas y se volvió a cuartear hasta obtener porciones de aproximadamente 100 gr. se separaron tres de éstas para su respectiva inspección.

e) Tamizado

Esta operación sirve para separar impurezas pequeñas que atraviesan el tamiz No. 10 y el No. 20. Estas impurezas son principalmente; semillas extrañas, granos de arroz moreno, quebrado y polvo. Una vez obtenidas estas impurezas se rectificaron manualmente y fueron agrupadas. El tamizado se efectuó con tamices DUVESA malla 10, diametro 0.64 mm., abertura 1 mm. y malla 20 abertura 0.84 mm. El aparato es marca TYLER modelo Rx 24, tiene un movimiento vibratorio irregular que facilita el tamizado de la muestra de palay. El tiempo de tamizado fué de un minuto siendo suficiente para que la operación se complete.

f) Separación Neumática.

El arroz palay una vez tamizado se pasó por un separador neumático marca H. T. Mc Gill, Inc. Laboratory Aspirator. Este tipo de aparato separa principalmente granos vanos los cuáles una vez colectados se rectifican manualmen

te para separar granos de arroz palay que --
hayan pasado.

g) Inspección manual.

El arroz palay se somete a una inspección manual con el fin de separar cualquier impureza de las antes mencionadas, además se separaron granos de arroz palay sanos, inmaduros y granos germinados. Todas las rectificaciones manuales se hicieron sobre un tablero con fondo azul y superficie de vidrio para facilitar la identificación de fracciones. Una vez que se efectuaron todos los pasos de la inspección se pesó cada fracción con el fin de cuantificar las fracciones mencionadas en la Figura 13. Al terminar la inspección se juntaron las tres muestras de arroz limpio y se completó a 300 grs. Estos 300 grs. se dividieron en tres partes (100 grs) para llevar a cabo la determinación de Calidad Molinera.

B. Metodología para la determinación de Calidad Molinera.

La calidad molinera se determinó siguiendo los pasos que se muestran en la Figura 14.

a) Humedad.

Idem 3.3.(4)A. b

b) Descascarillado.

Para esta operación se utilizó una descascarilladora Mc. Gill Sheller No. 580 de rodillos. Esta se ajustó para que el 90% del arroz palay, aproximadamente, fuese descascarillado.

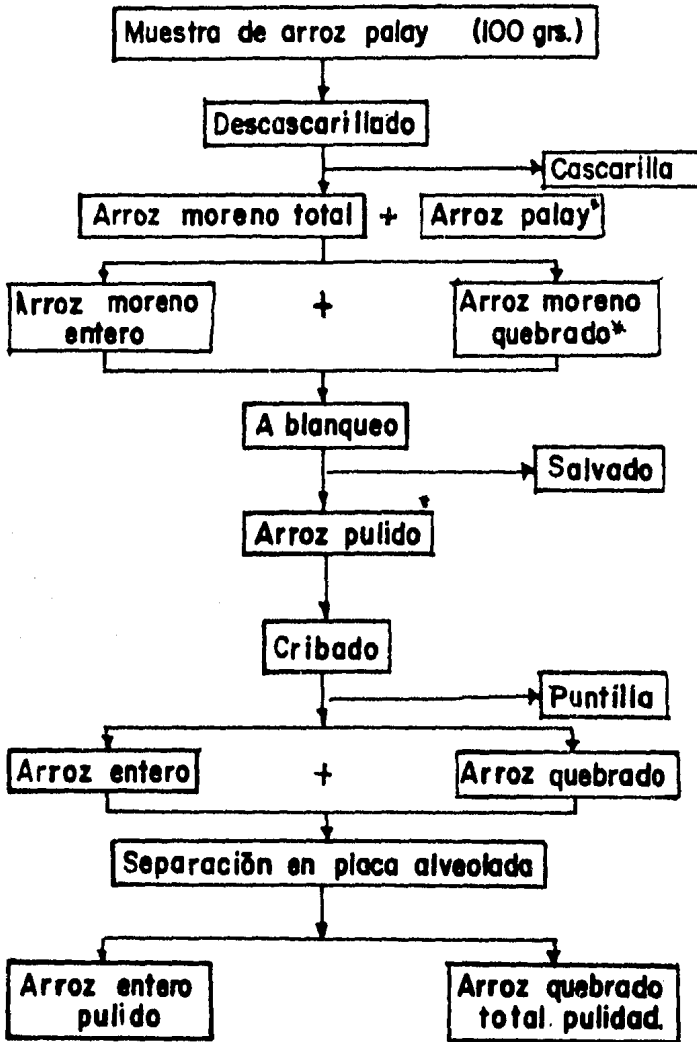
c) Blanqueo y Grado de elaboración.

La elaboración ó blanqueo del grano se efectuó en un molino de muestras "PETITILE RIZE RIE MOD G 150/R POUR ECHANTILLONS". El tiempo de elaboración se fijó sobre la base de aproximadamente 10% de salvado eliminado y observación del grado de elaboración con el reactivo de "MAY-GRUNWALD" (Solución acuosa de azul de metileno y solución acuosa de eosina amarilla).

d) Clasificación de arroz entero y quebrado.

Para la separación de quebrado total en arroz moreno se utilizó una placa alveolada de 5 mm. de diámetro y se rectificó manualmente.

Fig. 14 PASOS EN LA DETERMINACION DE CALIDAD MOLINERO



* Cuantificar y pesar

Arroz elaborado o blanco. La separación - de arroz entero del quebrado se efectuó en un cilindro con paredes alveoladas de 3 mm. de -- diámetro y se rectificó manualmente.

Las fracciones tales como; arroz entero - pulido, medio grano y granillo se guardan en - bolsas de plástico para posteriormente llevar - a cabo una inspección manual que tiene como fi - nalidad determinar granos dañados.

C. Procedimiento para llevar a cabo la -- inspección manual de arroz entero pulido, me - dio grano y granillo.

- a) Pesar contenido de las fracciones.
- b) Registrar peso en hoja de resultados.
- c) Inspección de Arroz entero pulido. Con - siste en determinar: aspecto general; permite - la observación de color, defectos más eviden - tes.

Separación manual en tablero de los si - guientes atributos: Arroz palay sano, Granos - yesosos, Granos manchados, Granos picados, Gra - nos rojos, y Cascarilla.

Pesar cada una de las fracciones obtenidas.

Registrar.

Almacenar.

d) Inspección de medio grano y granillo. Se lleva a cabo por separación manual en table - ro de grano sano y grano dañado.

4. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

4.1. Identificación de Instalaciones, Equipos, Métodos y Condiciones de secado en los molinos evaluados.

4.1.1. Instalaciones.

Las distribuciones de áreas de las cuatro instalaciones estudiadas se muestran en las Figuras 15 a 18. En los cuatro molinos el arroz llega en camiones y el grano se maneja en sacos. Estos se descargan manualmente en un sitio contiguo a la instalación de secado. En esta área se tiene un tiempo de almacenamiento presecado que varía de 2 a 3 horas hasta 12 horas. Este tiempo de espera es afectado, prolongándose, de acuerdo a la disponibilidad de maquinaria o espacio para el secado. Para proceder al secado los sacos se descocan y vacían a una prelimpia, cuando el secado es mecánico. En el caso del secado al sol el arroz se vacía sobre el piso de secado.

Es notable que las diferentes áreas de los molinos evaluados no siguen una secuencia en su distribución lo que hace pensar que ha existido un desarrollo sin planificación ni método.

En los molinos III y IV se observó que la instalación de secado se encuentra separada del lugar donde está ubicado el molino, por lo que se hace necesario para el transporte de arroz palay seco al molino el uso de camiones.

Como se mencionó anteriormente, en las cuatro instalaciones es común un almacenamiento previo al secado. Estos sitios para llevar a cabo el almacenamiento, no cuentan con un sistema de ventilación ni otro recurso técnico que permita ayudar a conservar la calidad del grano, limitando los riesgos de daños, tales como germinación del grano, desarrollo de insectos y microorganismos.

4.1.2. Equipos.

A. Transporte. El transporte de arroz dentro de la instalación de secado cuando se hace la operación con energía solar es manual. Cuando el secado se hace en forma mecánica el transporte es con elevadores de canjilones y transportadores helicoidales.

B. Prelimpia. La prelimpia es manual y se realiza cuando el arroz está tendido en el piso, en el caso de hacer el secado con energía solar. Con rastrillos se lleva a cabo un movimiento del grano de tal forma que las basuras más grandes queden en la superficie para eliminarlas posteriormente en forma manual.

En el caso de secado mecánico los molinos II y III utilizan cribas y los molinos I y IV hacen la prelimpia por cribado más aspiración.

Notable es la ausencia de una prelimpia adecuada, como se verá más adelante, lo que conduce a incrementar los costos de secado, además de los posibles problemas posteriores

que se pueden presentar principalmente en el almacenamiento. Los equipos de prelimpia se -- presentan en el Cuadro 3.

C. Secado. Los equipos utilizados en la operación de secado cuando ésta es en forma mecánica son secadoras tipo cascada con mezclado, las cuales se utilizan en los cuatro molinos estudiados, y secadoras de lecho estático-capa delgada que se emplean en los molinos III y IV. Este tipo de equipos se representa en el Cuadro 3.

4.1.3. Métodos de secado.

Es importante destacar que los molinos evaluados emplean los 3 métodos de secado que se mencionaron en el capítulo de Antecedentes; Secado al sol, Secado mecánico y Secado combinado. Se observó que estos métodos ofrecen varias alternativas aún dentro de un mismo molino y para una misma variedad. Estas alternativas varían desde 4 en el molino IV a 6 en los molinos I, II y III. Se muestran en las Figuras 19 a 22.

Lo anterior refleja la falta de un estudio Técnico-Económico el cual conduzca a la selección del Método con su respectiva alternativa o alternativas adecuadas para secar la variedad Morelos A-70.

Fig. 15 Distribución de áreas del molino I

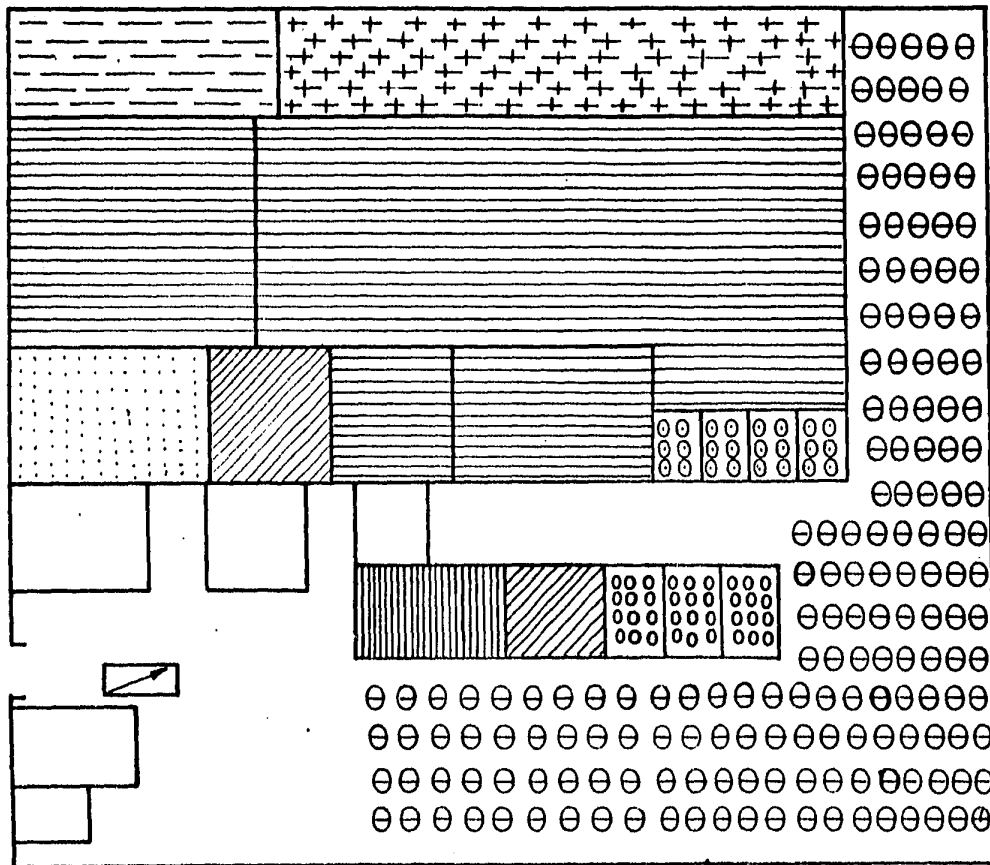


Fig. 16 Distribución de áreas del molino No. II

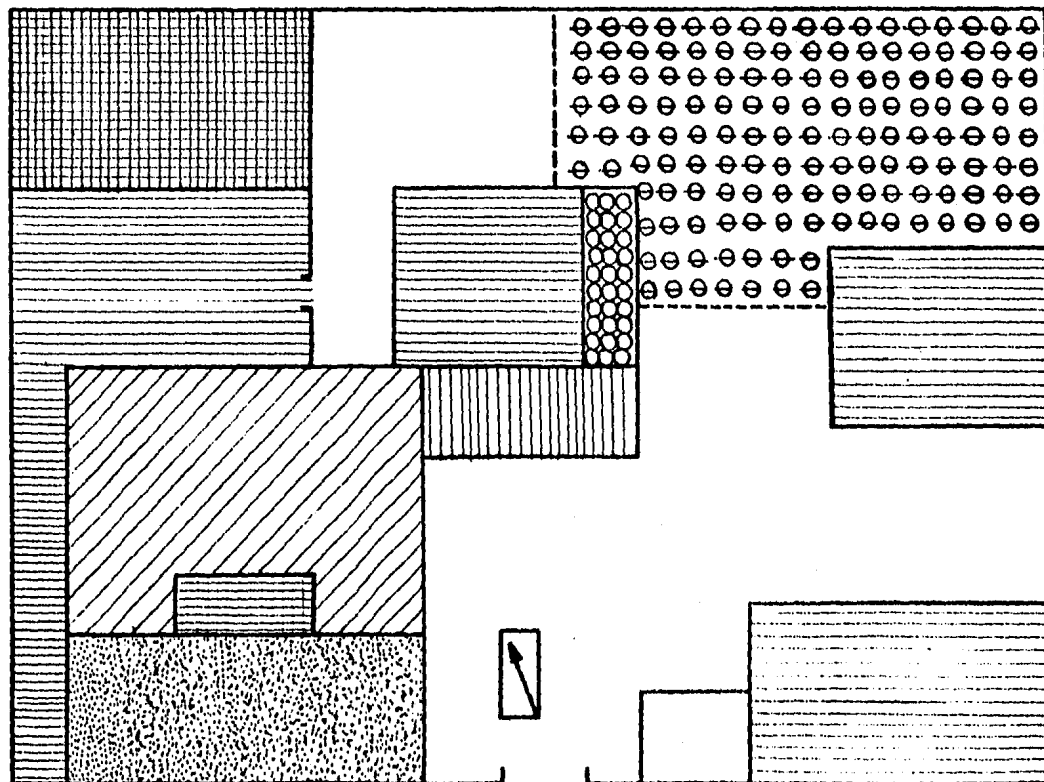


Fig. 17 Distribución de áreas del molino No. III

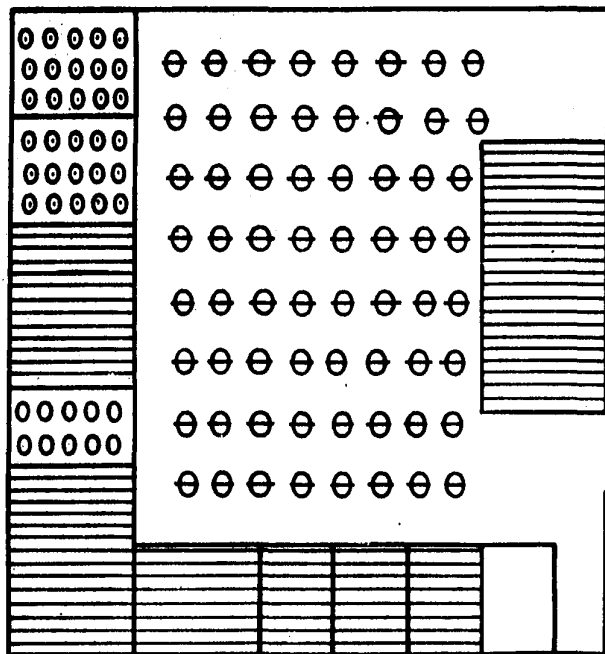
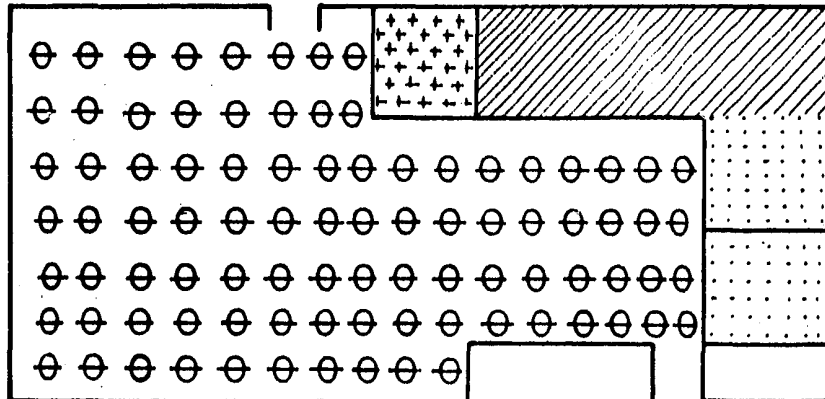
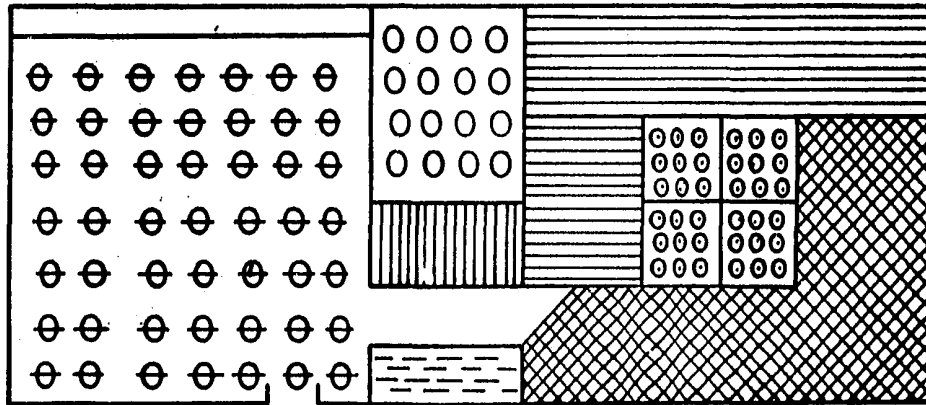






























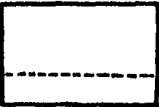



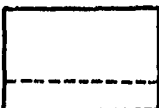
Fig. 18 Distribución de áreas del molino No. IV



Cuadro 2 Simbología empleada en los diagramas de distribución de áreas de los molinos estudiados.

	Oficinas
	Recepción de arroz palay
	Limpieza mecánica de arroz palay
	Almacén de espera
	Almacén de subproductos
	Almacén de arroz palay seco
	Laboratorio
	Bascula
	Almacén de arroz elaborado
	Área de secado mecánico
	Área de secado en lecho estático
	Área de secado al sol
	Molino
	Molino de cascarilla
	Taller mecánico

Cuadro 2 Equipos de prelimpia y secado en los molinos 1 a 4

Molino	Prelimpia				Secado		
1							
2							
3							
4							

Cuadro 4 Simbología para los equipos de prelimpia y secado








SIMBOLO	EQUIPO
	Criba
	Rastrillo
	Aspiración
	Criba más aspiración
	Secado mecánico
	Secado al sol
	Secado en lecho estático

Fig.19 Método de secado en molino I.

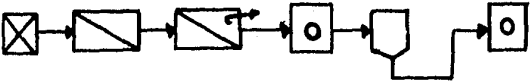
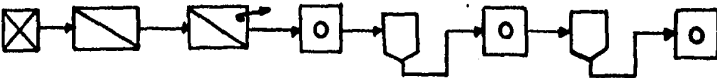

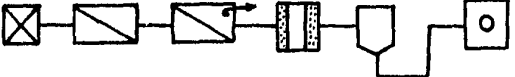

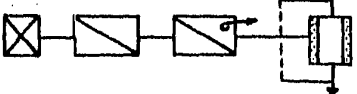
Método de Secado	Alternativas de Secado.	DIAGRAMAS DE FLUJO
Secado de sol	1) Secado con energía solar en dos asoleaderos.	
Secado de sol	2) Secado con energía solar en tres asoleaderos.	
Secado Combinado	3) Secado combinado con energía solar con un asoleadero y secador mecánico.	
Secado Combinado	4) Secado combinado mecánico y energía solar en un asoleadero.	
Secado Mecánico	5) Secado mecánico en dos secadoras	
Secado Mecánico	6) Secado mecánico en una secadora con recirculación	

Fig.20 Metodos de secado en Molino II.




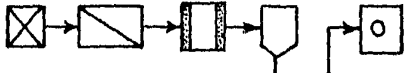

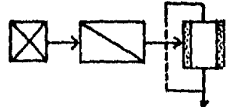
Metodo de Secado	Alternativas de Secado	DIAGRAMA DE FLUJO
Secado al sol	1) Secado con energía sola en dos asoleaderos.	
Secado al sol	2) Secado con energía solar en tres asoleaderos.	
Secado Combinado.	3) Secado combinado con energía solar en un asoleadero y secador mecánico.	
Secado Combinado.	4) Secado combinado secado mecánico y secado con energía solar en un asoleadero.	
Secado Mecánico	5) Secado mecánico con dos secadores.	
Secado Mecánico	6) Secado mecánico en una secadora con recirculación.	

Fig.21/ Métodos de secado en Molino III.

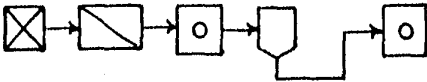

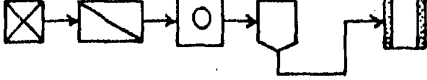
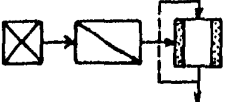
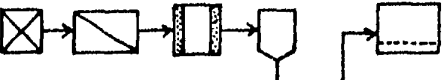
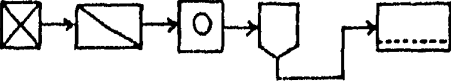
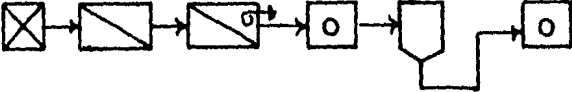

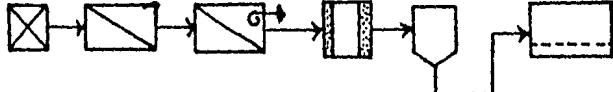
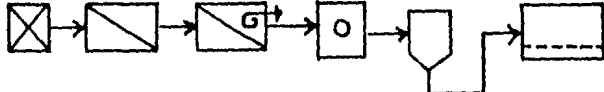






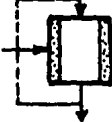
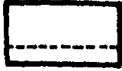
Método de secado	Alternativas de secado.	DIAGRAMA DE FLUJO
Secado al sol	1) Secado en energía solar con dos asoleaderos	
Secado al sol	2) Secado con energía solar en tres asoleaderos	
Secado combinado	3) Secado combinado con energía solar en un asoleadero y S. M.	
Secado mecánico	4) Secado mecánico con recirculación.	
Secado combinado	5) Secado combinado mecánico y lecho estático	
Secado combinado	6) Secado combinado con energía y lecho estático	

Fig.22. Metodos de secado en Molino IV.

Método de Secado	Alternativa de Secado	DIAGRAMA DE FLUJO
Secado al sol	1) Secado con energía solar en dos asoleaderos	
Secado al sol	2) Secado con energía solar en tres asoleaderos	
Secado combinado	3) Secado combinado mecánico y estático.	
Secado combinado	4) Secado combinado: con energía solar y en lecho estático.	

Cuadro 5 Simbología empleada en diagramas de métodos secados.

NOMBRE	SIMBOLOS
Tolva	
Criba	
Criba con aspiración.	
Secado con energía solar	
Almacén	
Secadora de cascada con mezclado.	
Secadora de cascada con mezclado y recirculación.	
Secadora de lecho estático con pa delgada.	

4.1.4. Condiciones de secado.

A. Humedad al inicio y final del secado.

Los lotes evaluados que fueron secados con energía solar y los lotes de secado mecánico primera etapa, de las cuatro instalaciones estudiadas permiten observar que el contenido de humedad al inicio de la operación varía de 25.9% a 29.2%, Tablas 1 a 4. Estos valores están por arriba de los niveles recomendables de humedad a la cosecha, mencionados en el Capítulo de Antecedentes. Esta situación constituye un factor de costo adicional de la operación de Secado.

También se analizaron lotes de segunda, tercera y última etapa de secado mecánico, encontrándose que el grano al final de la operación alcanza humedades abajo de las cantidades recomendadas al final del secado. En el molino I la humedad final varía de 10.9% a 14.9%, en el molino II sólo se analizó un lote de última etapa y la humedad a la que se llegó fué de 12.8%, los datos del molino III reportan que la humedad final varía de 10.2% a 11.5%, en el molino IV no fué posible obtener lotes de última etapa pero los datos de lotes de segunda etapa de secado varían de 12.5% a 13.4%, contenidos de humedad que se encuentran dentro y abajo del rango recomendable. Tablas 1 a 4.

Lo anterior puede ocasionar fisuras y por lo tanto bajos rendimientos de arroz pulido entero .

B. Humedad eliminada por etapa.

Los resultados de humedad eliminada por etapa reflejan que el grano de arroz en las cuatro instalaciones estudiadas se somete a un alto porcentaje de humedad eliminada en cada paso, los gradientes de humedad que se pueden formar entre la superficie y el centro del grano ejercen esfuerzos mecánicos altos que causan fisuras. Estas cantidades de humedad eliminada varían en el Molino I de 1.75 a 6.50 unidades, en el Molino II de 3.34 a 11.30, en el Molino III de 2.0 a 10.0 unidades, y en el Molino IV de 3.0 a 10.6 unidades, Tablas 1 a 4. Los valores superiores anteriores están arriba de las 2 a 3 unidades que se recomienda eliminar por etapa con el fin de reducir la producción de fisuras y posibles roturas.

C. Temperatura del grano.

Se encontraron temperaturas del grano altas pero no excesivas en los Molinos I, III, y IV. En los lotes evaluados de estos tres molinos las temperaturas varían de 28°C a 45°C, de 27°C a 45°C y de 32°C a 44°C para los Molinos I, III y IV respectivamente, Tablas 1, 3 y 4.

Estas temperaturas son causadas por el alto porcentaje de humedad eliminada por etapa y por las temperaturas altas de aire a las que se somete el grano durante el secado, de las cuáles hablaremos en el siguiente apartado.

D. Temperatura del aire de secado.

En los cuatro molinos se encontró que existe variación en las temperaturas del aire de secado utilizadas en una etapa y para un mismo lote.

En el Molino I se observaron variaciones desde 28°C hasta 90°C , en el Molino II de 25°C a 60°C , en el Molino III de 26°C a 75°C , Tablas 5 a 7, en el Molino IV no fué posible obtener estos datos.

Las temperaturas más altas se detectaron como se puede ver en las tablas, en lotes de los Molinos I y III. Estas temperaturas están muy por arriba de lo recomendado en el Capítulo de Antecedentes, para evitar producción de fisuras o roturas.

Lo anterior se debe en la mayoría de los casos al mal funcionamiento del equipo de secado y a la falta de personal capacitado.

TABLA 1. CONDICIONES DE SECADO EN MOLINO I (HUMEDAD DEL GRANO, HUMEDAD ELIMINADA POR ETAPA Y TEMPERATURA DEL GRANO)

LOTE	ETAPA DE SECADO Y METODO DE SECADO	HUMEDAD DEL GRANO INICIO %	HUMEDAD DEL GRANO FINAL %	HUMEDAD ELIMINADA POR ETAPA	TEMPERATURA DEL GRANO INICIO °C	GRANO FINAL °C
A	SECADO MECANICO EN ULTIMA ETAPA	13.10	11.35	1.75	35	45
B	SECADO MECANICO EN ULTIMA ETAPA	21.40	14.90	6.50	28	35
C	SECADO MECANICO EN ULTIMA ETAPA	12.80	10.90	1.90	-	-
D	SECADO MECANICO EN ULTIMA ETAPA	18.50	12.10	6.40	-	37
E	SECADO MECANICO EN ULTIMA ETAPA	15.50	12.40	3.10	36	44
F	SECADO MECANICO EN SEGUNDA ETAPA	20.50	15.50	5.00	40	41
G	SECADO MECANICO EN TERCERA ETAPA	15.50	12.30	3.20	-	-
H	SECADO AL SOL	28.70	23.25	5.45	32	-
I	SECADO AL SOL	28.00	22.85	5.15	-	32
J	SECADO AL SOL	29.20	24.40	4.80	-	34

NOTA. Los Lotes B,D,F antes del secado mecánico fueron secados al sol.

TABLA 2. CONDICIONES DE SECADO EN MOLINO II (HUMEDAD DEL GRANO, HUMEDAD ELIMINADA POR ETAPA Y TEMPERATURA DEL GRANO)

LOTE	ETAPA DE SECADO Y METODO DE SECADO	HUMEDAD DEL GRANO INICIO %	GRANO FINAL %	HUMEDAD ELIMINADA POR ETAPA	TEMPERATURA DEL INICIO °C	GRANO FINAL °C
A	SECADO MECANICO EN ULTIMA ETAPA	16.20	12.86	3.34	-	-
B	SECADO MECANICO PRIMERA ETAPA	26.90	15.60	11.30	28	30
C	SECADO MECANICO PRIMERA ETAPA	26.90	16.00	10.90	25	30
D	SECADO MECANICO PRIMERA ETAPA	26.82	16.26	10.56	25	30
E	SECADO MECANICO PRIMERA ETAPA	26.50	15.65	10.85	25	30
F	SECADO AL SOL	26.01	16.26	9.75	-	-

NOTA: El Lote "A", antes de secarse en forma mecánica fué secado con energía solar.

TABLA 3. CONDICIONES DE SECADO EN MOLINO III (HUMEDAD DEL GRANO, HUMEDAD ELIMINADA POR ETAPA Y TEMPERATURA DEL GRANO)

LOTE	ETAPA DE SECADO Y METODO DE SECADO	HUMEDAD DEL GRANO INICIO	HUMEDAD DEL GRANO FINAL	HUMEDAD ELIMINADA POR ETAPA	TEMPERATURA DEL GRANO INICIO	TEMPERATURA DEL GRANO FINAL
A	SECADO MECANICO ULTIMA ETAPA	13.00	11.00	2.00	43	-
B	SECADO MECANICO ULTIMA ETAPA	17.00	11.50	5.50	34	45
C	SECADO MECANICO ULTIMA ETAPA	18.00	10.20	7.80	-	42
D	SECADO MECANICO ULTIMA ETAPA	21.50	11.50	10.00	27 a 38	-
E	SECADO MECANICO ULTIMA ETAPA	21.50	15.50	6.00	28	42
F	SECADO EN SILO	20.00	13.00	7.00	26	-

NOTA: Todos los lotes antes de someterse a secado mecánico fueron secados con energía solar.

TABLA 4. CONDICIONES DE SECADO EN MOLINO IV (HUMEDAD DEL GRANO, HUMEDAD ELIMINADA POR ETAPA Y TEMPERATURA DEL GRANO)

LOTE	ETAPA DE SECADO Y METODO DE SECADO	HUMEDAD DEL GRANO INICIO %	GRANO FINAL %	HUMEDAD ELIMINADA POR ETAPA	TEMPERATURA DEL GRANO INICIO °C	GRANO FINAL °C
A	SECADO MECANICO PRIMERA ETAPA	26.00	13.45	12.55	32	44
B	SECADO MECANICO PRIMERA ETAPA	28.08	17.50	10.58	-	-
C	SECADO MECANICO SEGUNDA ETAPA	16.50	12.50	4.00	-	-
D	SECADO MECANICO PRIMERA ETAPA	25.95	13.35	12.60	-	-

NOTA: El lote "C" antes de secarse en forma mecánica fué secado con energía solar.

TABLA 5. CONDICIONES DE SECADO EN MOLINO I (TEMPERATURA DEL AIRE DE SECADO Y HUMEDAD RELATIVA)

LOTE	TEMPERATURA DEL AIRE DE SECADO °C	HUMEDAD RELATIVA %
A	30 - 65	-
B	-	-
C	40 - 90	-
D	45 - 58	60 - 76
E	28 - 68	52 - 60
F	28 - 60	58 - 70
G	31 - 62	32 - 68
H	36	38
I	37	40
J	32 - 34	40 - 45

TABLA 6. CONDICIONES DE SECADO EN MOLINO II (TEMPERATURA DEL AIRE DE SECADO Y HUMEDAD RELATIVA)

LOTE	TEMPERATURA DEL AIRE DE SECADO °C	HUMEDAD RELATIVA %
A	25 - 45	-
B	-	-
C	30 - 53	48 - 55
D	30 - 60	48 - 54
E	45 - 50	-
F	-	-

TABLA 7. CONDICIONES DE SECADO EN MOLINO III (TEMPERATURA DEL AIRE DE SECADO Y HUMEDAD RELATIVA)

LOTE	TEMPERATURA DEL AIRE DE SECADO °C	HUMEDAD RELATIVA %
A	65	74
B	72	46
C	28 - 65	50
D	62 - 75	-
E	65 - 71	-
F	26	-

4.2. Evaluación del efecto del secado sobre la calidad del grano de arroz.

4.2.1. Componentes físicos en lotes de recepción y lotes de secado.

A. Granos vanos e Impurezas.

Las cantidades de granos vanos e impurezas en las operaciones de Recepción y Secado se muestran en las Tablas 8, 11, 14 y 17. Estos valores son el promedio de los lotes que se presentan en las Tablas 9, 10, 12, 13, 15, 16, 18 y 19. Se puede observar en la operación de Recepción valores promedio para granos vanos de 2.90%, 2.45%, 2.78% y 3.12% en los Molinos I, II, III, Y IV respectivamente. En el secado se detectaron valores de 2.06% para el Molino I, 2.34% para el Molino II, 2.35% y 3.05% para los Molinos III y IV.

En el caso de Impurezas los valores promedio en la Recepción fueron 0.46%, 0.43%, 0.67% y 0.48% para los Molinos I, II, III, Y IV. En la operación de Secado se observan valores de 0.25% para el Molino I, 0.38% para el II, 0.51% para el III y 0.30% para el Molino IV.

Las cantidades eliminadas de estos dos componentes físicos durante la operación de prelimpia en los molinos evaluados se observan al comparar los valores promedio de lotes de Recepción y lotes de Secado. Valores que se presentan en las gráficas de barras de las Figuras 23 y 24.

El porcentaje eliminado de granos vanos - durante la prelimpia en el Molino I fué de -- 0.84% en el Molino II de 0.11%, y de 0.43% y - 0.11% para los Molinos III y IV.

Las cantidades eliminadas de impurezas du^urante la prelimpia fueron 0.21%, 0.05%, 0.16% y 0.18% en los Molinos I, II, III, y IV respecutivamente.

En base a estos resultados se afirma que los equipos que se tienen para llevar a cabo la operación de prelimpia, son insuficientes para eliminar a un mínimo material extraño y granos vanos que pueda traer el arroz. Situación que tendrá como consecuencia que se aumenten los - costos de la operación de Secado y los riesgos de deterioro en el almacenamiento, debido a - que impurezas verdes y granos vanos tienen un mayor contenido de humedad que el arroz palay.

B. Granos descascarillados.

En las Tablas 8, 11, 14, y 17 se observan las cantidades de granos descascarillados enteuros más quebrados que tiene el arroz palay al llegar a la Instalación -Recepción- y durante - la operación de secado.

Estos valores promedio en la Recepción - son 0.49% para el Molino I, 0.06% para el Moliuno II, 0.10% para el III y 0.04% para el Molino IV. En el Secado se tienen valores de 0.17%, - 0.08%, 0.16% y 0.05% para los Molinos I, II, - III, y IV.

En la gráfica de barras Figura 25 se puede ver un aumento de granos descascarillados durante el secado en los cuatro molinos evaluados. Presentandose un aumento mayor en los Molinos I y III, situación relacionada con las temperaturas del aire altas que se detectaron en dichos Molinos, lo que confirma que temperaturas del aire de secado arriba de los valores recomendados tendrán como consecuencia producción de roturas.

TABLA 8. COMPARACION DE COMPONENTES FISICOS EN LOTES DE RECEPCION Y LOTES DE SECADO DEL MOLINO I

COMPONENTE	RECEPCION	SECADO
IMPUREZAS %	0.46	0.25
GRANOS VANOS %	2.90	2.06
GRANOS GERMINADOS %	0.77	0.38
GRANOS GLUMAS ABIERTAS %	0.65	0.58
GRANOS DESCASCARILLADOS %	0.05	0.17
PALAY SANO %	94.75	96.04

- Los datos presentados son promedio de 14 lotes de recepción y 10 lotes de secado.

TABLA 9. COMPONENTES FISICOS DE ARROZ PALAY EN LOTES DE RECEPCION DEL MOLINO I

LOTE	GRANOS VANOS	IMPUREZAS	PALAY SANO	GRANOS GERMINADOS	GLUMAS ABIERTAS	GRANOS MORENO ENTERO	DESCASCARILLADOS MORENO QUEBRADO
	%	%	%	%	%	%	%
A	2.78	0.56	96.10	-	0.20	0.05	0.0
B	4.02	0.52	91.82	2.11	0.64	0.07	0.0
C	2.62	0.67	94.89	0.35	0.55	0.03	0.09
D	1.62	0.50	96.77	0.34	0.52	0.0	0.0
E	3.92	0.54	95.05	-	0.27	0.03	0.02
F	3.17	0.55	95.04	-	0.86	-	0.02
G	1.01	0.17	97.99	-	0.27	0.05	0.07
H	3.03	0.14	95.54	0.01	0.42	-	0.02
I	3.01	0.36	94.91	0.02	0.73	0.08	0.01
J	1.62	0.87	95.19	-	1.51	0.18	0.01
K	5.89	0.42	88.84	-	1.37	0.08	0.16
L	2.25	0.38	96.75	-	0.37	0.03	0.05
M	1.45	0.38	96.58	0.73	0.50	0.03	0.02
N	4.33	0.42	91.09	1.83	0.95	0.07	-

- Todas las determinaciones se hicieron por triplicado.

TABLA 10. COMPONENTES FISICOS DE ARROZ PALAY EN LOTES DE SECADO DEL MOLINO I

LOTE	PALAY LIMIO		GRANOS VANOS		IMPUREZAS		GERMINADOS		GLUMAS ABIERTAS		MORENO ENTERO		MORENO QUEBRADO	
	e	s	e	s	e	s	e	s	e	s	e	s	e	s
A	96.2	95.7	1.1	1.9	0.3	0.2	-	-	0.6	1.4	0.4	0.0	0.9	0.1
B	96.0	96.2	2.6	2.5	0.3	0.1	0.0	-	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
C	-	97.2	0.6	1.5	0.0	0.0	-	-	-	0.7	-	0.8	0.1	0.0
D	95.9	94.3	3.6	3.7	0.3	0.2	0.1	0.1	-	-	0.0	-	0.0	-
E	-	97.1	1.5	2.0	0.0	0.3	-	0.1	-	-	0.2	0.0	-	0.0
F	95.7	95.0	3.3	2.5	0.4	0.1	0.2	0.2	-	0.6	0.1	-	0.1	-
G	96.1	95.1	1.6	2.6	0.1	-	0.3	0.8	0.8	-	0.3	0.2	0.2	0.0
H	96.0	95.0	1.7	3.7	-	-	0.2	0.0	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0
I	96.6	95.1	1.6	3.2	-	-	1.2	0.0	-	-	-	0.1	0.0	0.0
J	95.5	94.3	2.4	3.1	-	-	0.3	1.1	-	-	-	-	0.0	0.0

- Todas las determinaciones se hicieron por triplicado.

TABLA II. COMPARACION DE COMPONENTES FISICOS EN LOTES DE RECEPCION Y LOTES DE SECADO DEL MOLINO II.

COMPONENTE	RECEPCION	SECADO
IMPUREZAS %	0.43	0.38
GRANOS VANOS %	2.45	2.34
GRANOS GERMINADOS %	0.32	0.50
GRANOS GLIMAS ABIERTAS %	0.77	0.88
GRANOS DESCASCARILLADOS %	0.06	0.08
PALAY SANO %	95.93	95.40

Los datos presentados son promedio de 7 lotes de recepción y 6 lotes de secado.

TABLA 12. COMPONENTES FISICOS DE ARROZ PALAY EN LOTES DE RECEPCION DEL MOLINO II

LOTE	GRANOS VANOS	IMPUREZAS	PALAY SAND	GRANOS GERMINADOS	GLUMAS ABIERTAS	GRANOS DESCASCARILLADOS	
	%	%	%	%	%	MORENO ENTERO %	MORENO QUEBRADO %
A	1.99	0.42	97.42	-	0	0.07	0.09
B	1.43	0.23	95.99	-	1.30	0.00	0.00
C	2.22	0.28	96.30	-	1.13	0.03	0.04
D	2.81	0.72	94.27	0.62	1.19	-	0.05
E	0.85	0.21	98.07	-	0.57	0.08	0.04
F	3.28	0.71	95.05	-	0.92	0.59	0.03
G	3.82	0.49	94.45	0.02	0.28	0.02	0.02

- Todas las determinaciones se hicieron por triplicado.

TABLA 13. COMPONENTES FÍSICOS DE ARROZ PALAY EN LOTES DE SECADO DEL MOLINO II

LOTE	PALAY SANO		GRANOS VANOS		IMPUREZAS		GERMINADOS		GLUMAS ABIERTAS		MORENO ENTERO		MORENO QUEBRADO	
	e	s	e	s	e	s	e	s	e	s	e	s	e	s
A	95.4	95.8	3.2	0.3	0.3	0.0	0.1	0.9	0.5	2.1	0.0	-	0.0	0.2
B	93.2	97.5	2.3	1.4	0.5	0.1	1.8	0.2	1.5	0.3	-	0.0	-	-
C	95.8	93.2	2.3	1.6	0.2	0.1	0.2	2.7	1.1	0.3	0.0	0.1	0.0	0.1
D	96.8	94.9	1.8	3.8	0.3	0.1	0.2	0.1	0.2	1.3	0.1	0.2	-	0.1
E	94.7	96.9	3.8	1.8	0.4	0.0	0.0	0.0	0.6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
F	96.4	95.1	1.0	1.3	0.2	0.2	0.5	0.0	0.9	1.3	0.0	-	-	0.1

- Todas las determinaciones se hicieron por triplicado.

TABLA 14. COMPARACION DE COMPONENTES FISICOS EN LOTES DE RECEPCION Y LOTES DE SECADO DEL MOLINO III

COMPONENTE	RECEPCION	SECADO
IMPUREZAS (%)	0.67	0.51
GRANOS VANOS (%)	2.78	2.35
GRANOS GERMINADOS (%)	0.63	1.12
GRANOS GLUMAS ABIERTAS (%)	0.77	0.54
GRANOS DESCASCARILLADOS	0.10	0.16
PALAY SANO (%)	95.22	94.77

Los datos presentados son promedio de 8 lotes de recepción y 5 lotes de secado.

TABLA 15. COMPONENTES FISICOS DE ARROZ PALAY EN LOTES DE RECEPCION DEL MOLINO III

LOTE	GRANOS VANOS	IMPUREZAS	PALAY SANO	GRANOS GERMINADOS	GLIMAS ABIERTAS	GRANOS DESCASCARILLADOS	
	%	%	%	%	%	MORENO ENTERO %	MORENO QUIERRADO %
A	2.40	0.63	96.59	0.31	0.0	0.03	0.09
B	1.54	0.39	97.36	0.13	0.0	0.04	0.06
C	2.38	0.35	94.62	1.62	0.71	0.12	0.15
D	2.72	0.40	95.33	0.81	0.42	0.0	0.05
E	4.41	0.51	92.90	1.31	1.43	0.45	0.22
F	3.85	0.83	94.37	0.10	0.35	0.0	0.04
G	3.12	0.52	94.10	0.34	0.38	-	-
H	1.85	0.52	96.49	0.44	2.91	-	-

Todas las determinaciones se hicieron por triplicado.

TABLA 16. COMPONENTES FISICOS DE ARROZ PALAY EN LOTRES DE SECADO DEL MOLINO III

LOTE	PALAY SANO		GRANOS VANOS		IMPIUREZAS		GERMINADOS		GLUMAS ABIERTAS		MORENO ENTERO		MORENO QUEBRADO	
	%		%		%		%		%		%		%	
	e	s	e	s	e	s	e	s	e	s	e	s	e	s
A	97.43	-	1.25	2.92	-	-	0.53	-	-	-	0.22	-	0.14	-
B	95.44	95.51	2.01	1.81	0.55	0.56	0.72	0.49	0.49	0.64	0.15	0.21	0.16	0.49
C	95.83	92.18	2.26	4.63	0.49	0.49	0.53	1.39	0.65	0.61	0.11	0.14	0.35	0.08
D	92.17	93.66	3.31	0.31	0.78	0.34	2.24	0.91	0.44	0.33	0.09	2.47	0.10	0.37
E	93.00	94.18	2.95	2.22	0.88	0.45	1.59	1.69	0.61	0.69	0.11	0.22	0.23	0.39

Todas las determinaciones se hicieron por triplicado.

TABLA 17. COMPARACION DE COMPONENTES FISICOS EN LOTRES DE RECEPCION Y LOTRES DE SECADO DEL MOLINO IV

COMPONENTE	RECEPCION	SECADO
IMPUREZAS %	0.48	0.30
GRANOS VANOS %	3.12	3.01
GRANOS GERMINADOS %	0.38	0.06
GRANOS GLUMAS ABIERTAS %	0.82	0.44
GRANOS DESCASCARILLADOS %	0.04	0.05
PALAY SANO	95.09	95.62

Los datos presentados son promedio de 12 lotes de recepción y 4 lotres de secado.

TABLA 18: COMPONENTES FISICOS DE ARROZ PALAY EN LOTES DE RECEPCIÓN DEL MOLINO IV

LOTE	GRANOS VANOS	IMPUREZAS	PALAY SANO	GRANOS GERMINADOS	GLUMAS ABIERTAS	GRANOS MORENO ENTERO	DESCASCARILLADOS MORENO QUEBRADO
	%	%	%	%	%	%	%
A	1.71	0.17	97.47	-	0.51	0.03	0.03
B	2.05	0.18	96.55	0.04	0.72	0.00	0.05
C	3.27	0.18	95.84	0.12	0.43	0.05	0.03
D	2.56	0.39	93.81	-	0.56	0.05	0.03
E	1.85	0.52	96.49	0.44	2.91	-	-
F	3.55	1.51	94.04	-	1.07	0.08	-
G	5.63	0.53	92.45	0.11	0.84	0.04	0.06
H	2.91	0.43	95.75	0.08	0.41	-	-
I	4.28	0.64	93.28	1.22	0.64	0.12	0.11
J	3.12	0.41	95.17	0.04	0.53	-	-
K	2.50	0.46	95.86	0.27	0.65	0.04	0.07
L	2.71	0.42	94.40	1.13	0.57	-	-

Todas las determinaciones se hicieron por triplicado.

TABLA 19. COMPONENTES FÍSICOS DE ARROZ PALAY EN LOTES DE SECADO DEL MOLINO IV.

LOTE	PALAY SANO		GRANOS VANOS		IMPUREZAS		GERMINADOS		GLUMAS ABIERTAS		MORENO ENTERO		MORENO QUEBRADO	
	%		%		%		%		%		%		%	
	e	s	e	s	e	s	e	s	e	s	e	s	e	s
A	96.67	95.40	2.24	3.22	0.20	0.16	0.09	0.28	0.40	0.27	0.09	-	0.06	-
B	96.23	95.97	2.61	2.95	0.52	0.54	0.09	0.05	0.34	0.54	0.05	0.06	0.04	0.31
C	96.77	96.88	2.18	2.31	0.22	0.07	0.05	-	0.49	0.58	0.07	0.04	0.04	0.04
D	92.81	95.72	5.47	3.33	0.29	0.07	0.04	-	0.55	0.44	0.02	0.02	0.03	0.02

Todas las determinaciones se hicieron por triplicado.

Fig. 23 Comparación de componentes físicos (impurezas) en la operación de recepción y secado.

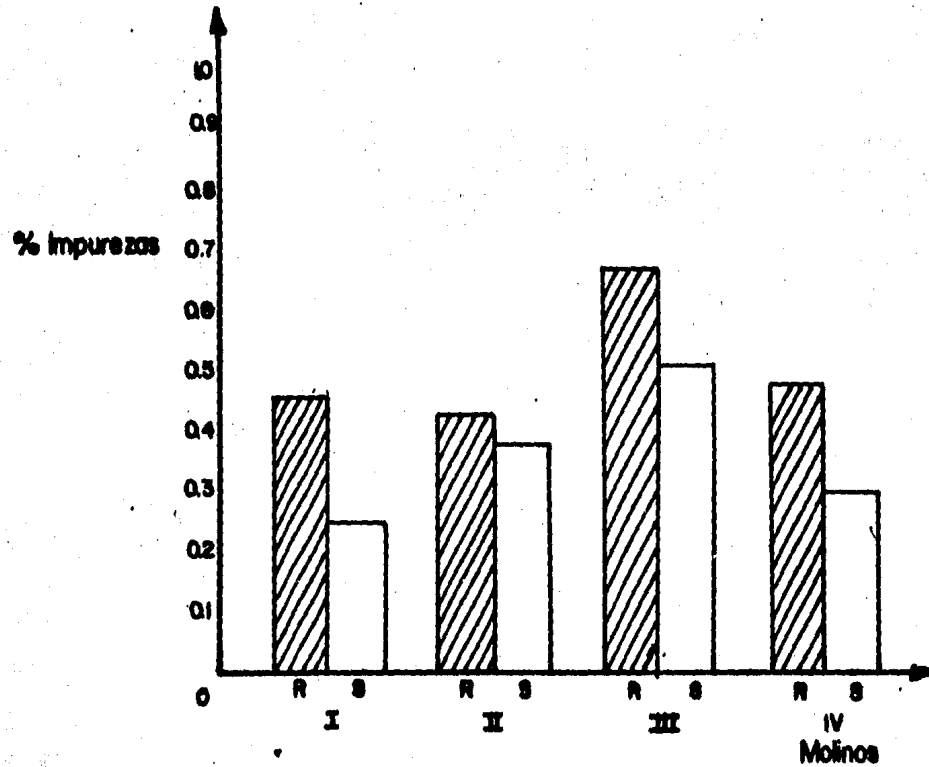


Fig.24 Comparación de componentes físicos (granos vanos) en lotes de recepción y lotes de secado.

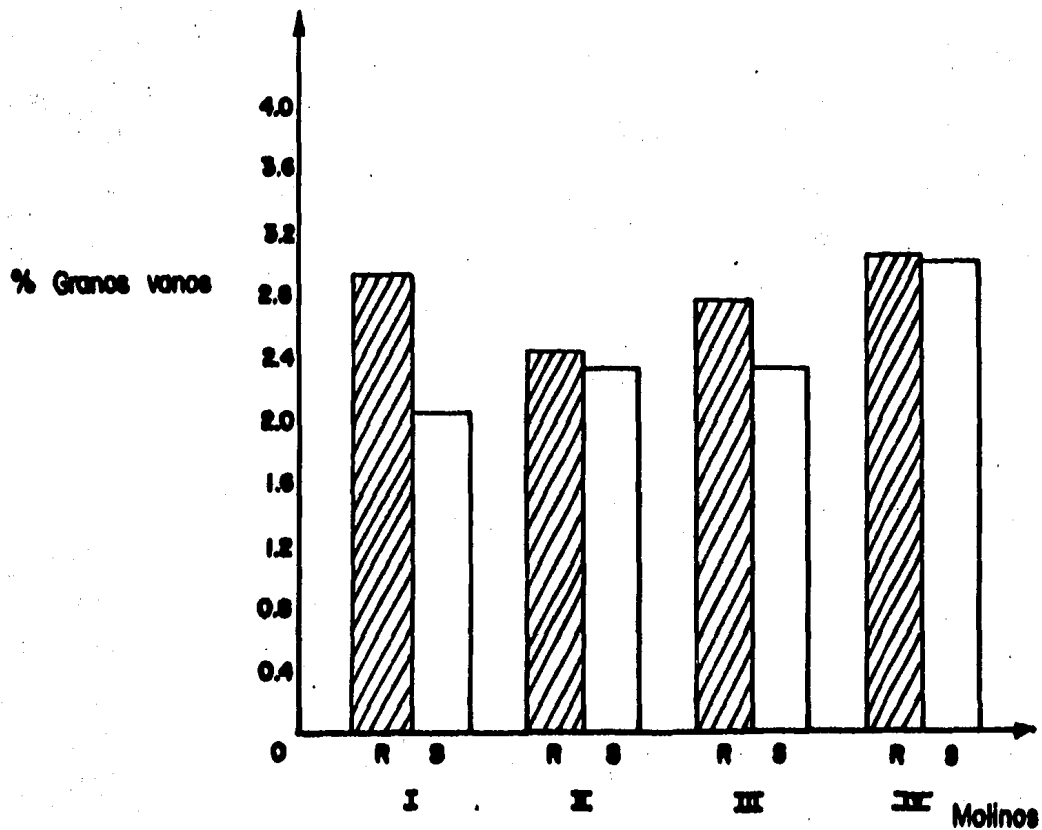
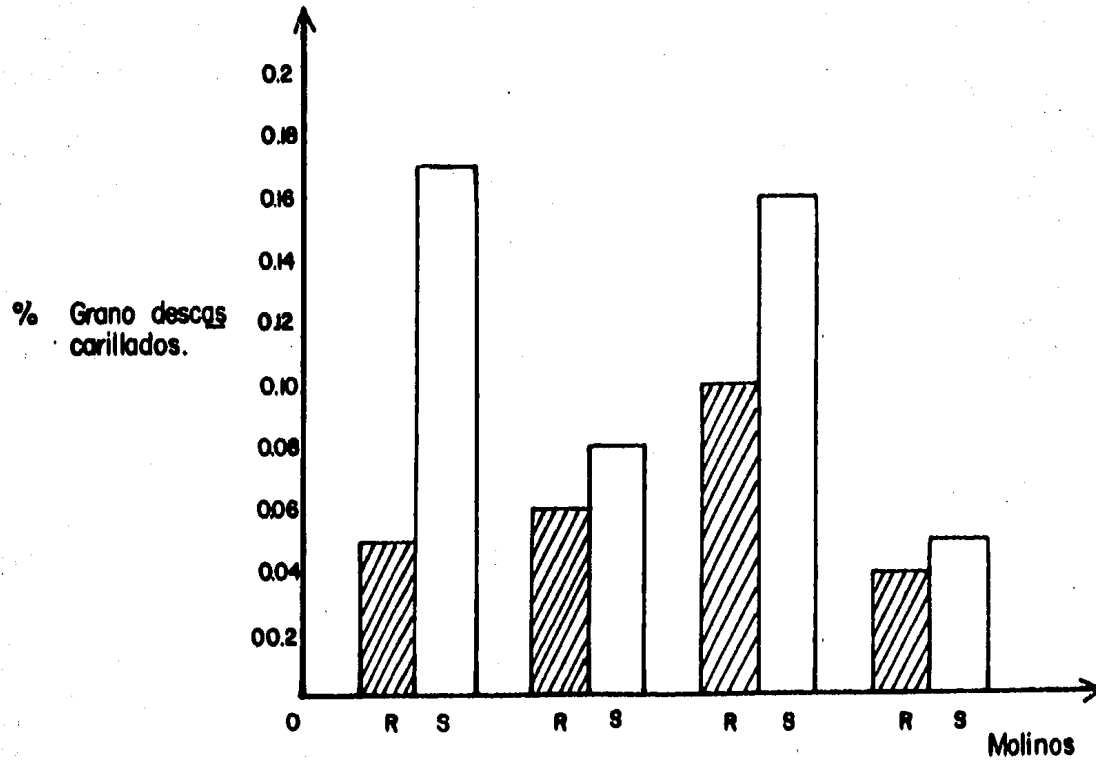


Fig. 25 Comparación de componentes físicos (Granos descascarillados) en lotes de recepción y secado.



4.2.2. Evaluación de la Calidad Molinera.

La disminución de granos enteros y los -- incrementos de granos quebrados estan relacionados con los porcentajes de humedad eliminada por etapa, dicha relación se muestra en las Tablas 20 a 23.

En la Tabla 20 se muestra el perfil de -- secado para el lote C, del Molino II, observándose una reducción de humedad de 26.9% a 16.0%, lo que corresponde a 10.9 unidades de humedad-eliminada por etapa, la cantidad de granos quebrados aumentó de 6.7% a 14.94%, que equivale a un incremento de 8.4%.

En el perfil de secado del lote D del mismo Molino, Tabla 21, se puede ver que la humedad bajó de 26.8% a 16.2%, esto es 10.6 unidades de humedad eliminada en este paso de secado. El rendimiento de granos quebrados aumentó de 8.46% a 17.75% que significa un incremento de 9.29%.

El perfil de secado para el lote A del - Molino IV, Tabla 23, muestra que la humedad pasó de 26% a 13.4%, ésto equivale a una eliminación de 12.6 unidades, con un incremento de - granos quebrados de 17.76%.

En base a los resultados que se muestran en las Tablas antes mencionadas se elaboraron las curvas de secado Figuras 26, 32, 38 y 40. Y las curvas de velocidad de secado Figuras - 27, 33, 39 y 41. La evaluación de Calidad Molinera de cada uno de estos lotes esta represen-

tada en las Figuras 28 a 31, 34 a 37, y 42 a 45, en estas se muestran las relaciones existentes de Rendimientos de granos enteros e Incrementos de granos quebrados con respecto al tiempo de secado y a la humedad del grano.

Al analizar los diferentes tipos de curvas y los perfiles de secado presentados, se encontró que existe una humedad en donde los Rendimientos de granos enteros caen en forma drástica y como consecuencia se tiene un Incremento mayor en la cantidad de granos quebrados.

En el lote A del Molino II al pasar de -- 22.4% a 19.9% de humedad el Rendimiento de enteros bajo de 50.03% a 54.58%, lo que representa una disminución de 4.45%.

En el lote A del Molino IV al pasar de -- una humedad de 20.5% a 18.1% el rendimiento de granos enteros bajo 4.23% y cuando la humedad pasó de 18.1% a 14.2% los rendimientos bajaron de 44.77% a 34.55% que equivale a una disminución de 10.22%

La situación anterior se debe a que en -- las primeras horas del secado se eliminó agua de la superficie del grano sin producir gradientes de humedad, a medida que transcurre el tiempo de secado la humedad que se elimina es la del interior del grano. En los lotes estudiados se encontró que esta eliminación de humedad es grande, lo que tiene como consecuencia la formación de gradientes de humedad, que ocasionan esfuerzos mecánicos excesivos y como pudo observarse incrementos en la cantidad de granos quebrados.

TABLA 20 PERFIL DE SECADO DEL MOLINO II LOTE C.

MUESTRA	% DE HUMEDAD	TIEMPO (HRS)	RENDIMIENTO DE ENTERO %	RENDIMIENTO DE QUEBRADO %
1	26.9	0.00	-	-
2	25.8	0.75	61.27	6.72
3	24.4	1.50	61.35	7.48
4	22.4	2.25	59.03	7.68
5	19.9	3.00	54.58	13.12
6	18.4	3.75	52.59	14.94
7	16.00	5.50	-	-

Duración del secado 5,5 Hrs.

Primera etapa de secado.

Secadora de cascada con recirculación.

Temperatura del aire de descarga 45-50°C

Tiempo de descarga 45 minutos.

Fig.26 Curva de secado de arroz palay para el lote C, Molino II

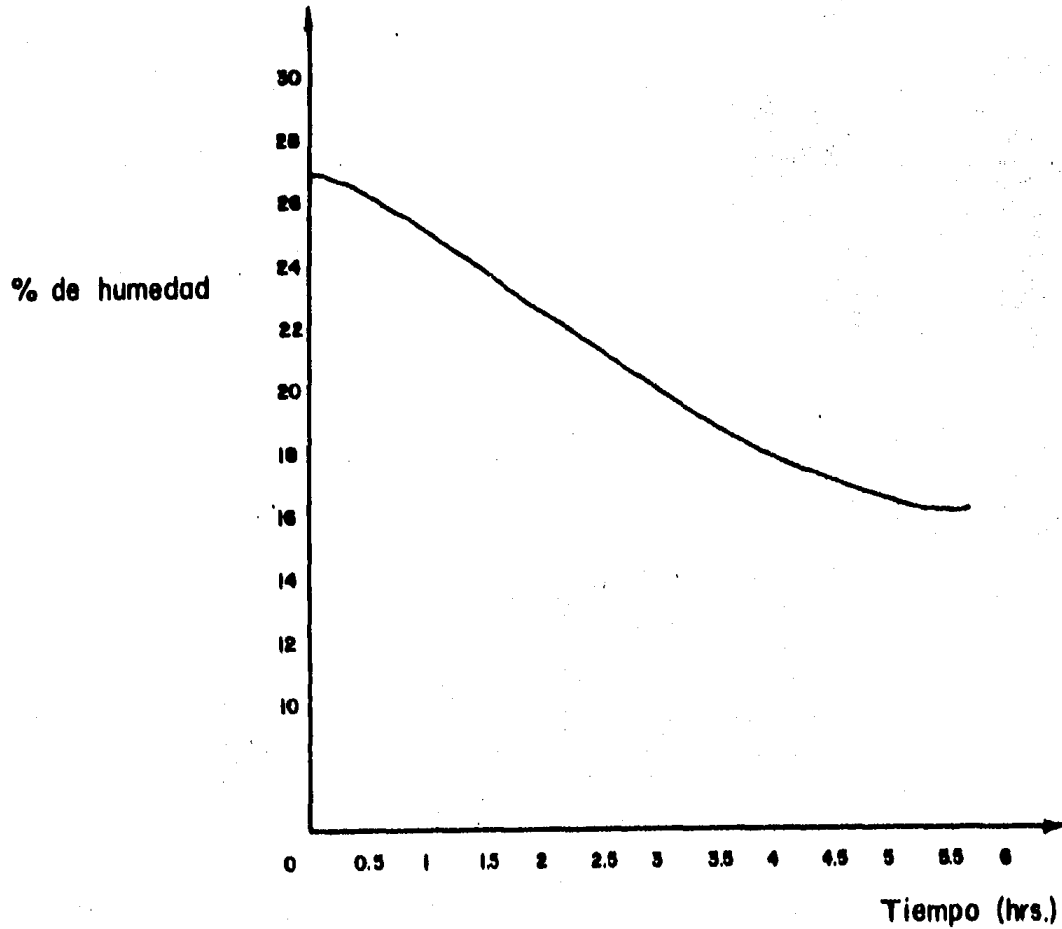


Fig.27 Curva de velocidad de secado de arroz palay para el lote C, Molino II.

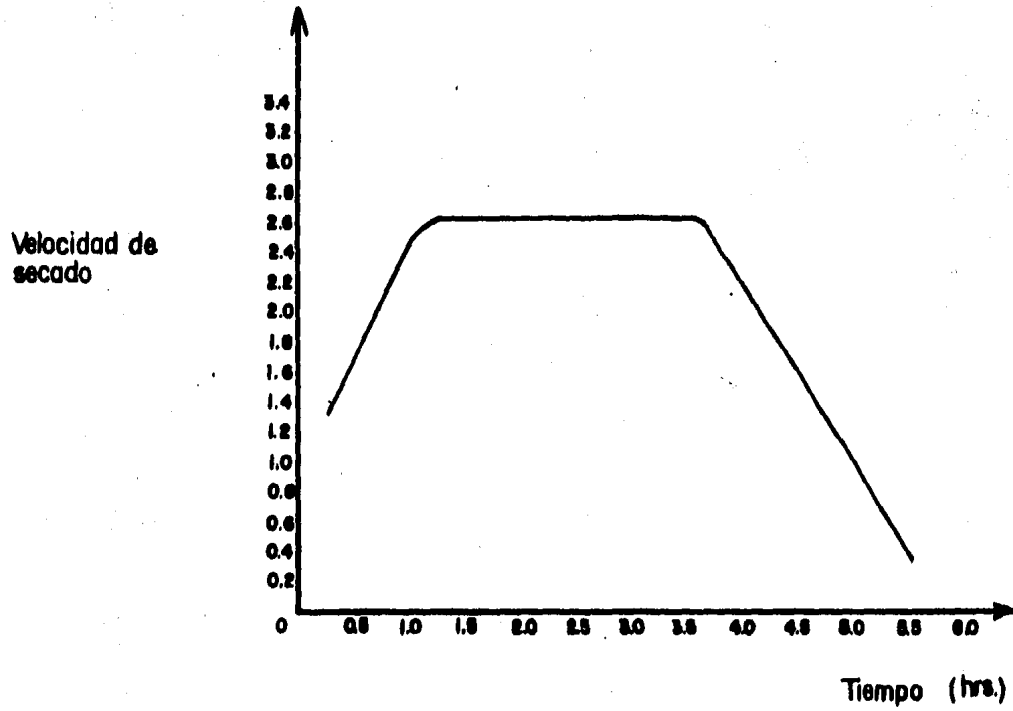


Fig.28 Relación grafica de tiempo de secado y disminución del % de rendimiento de entero, lote C, Molino I.

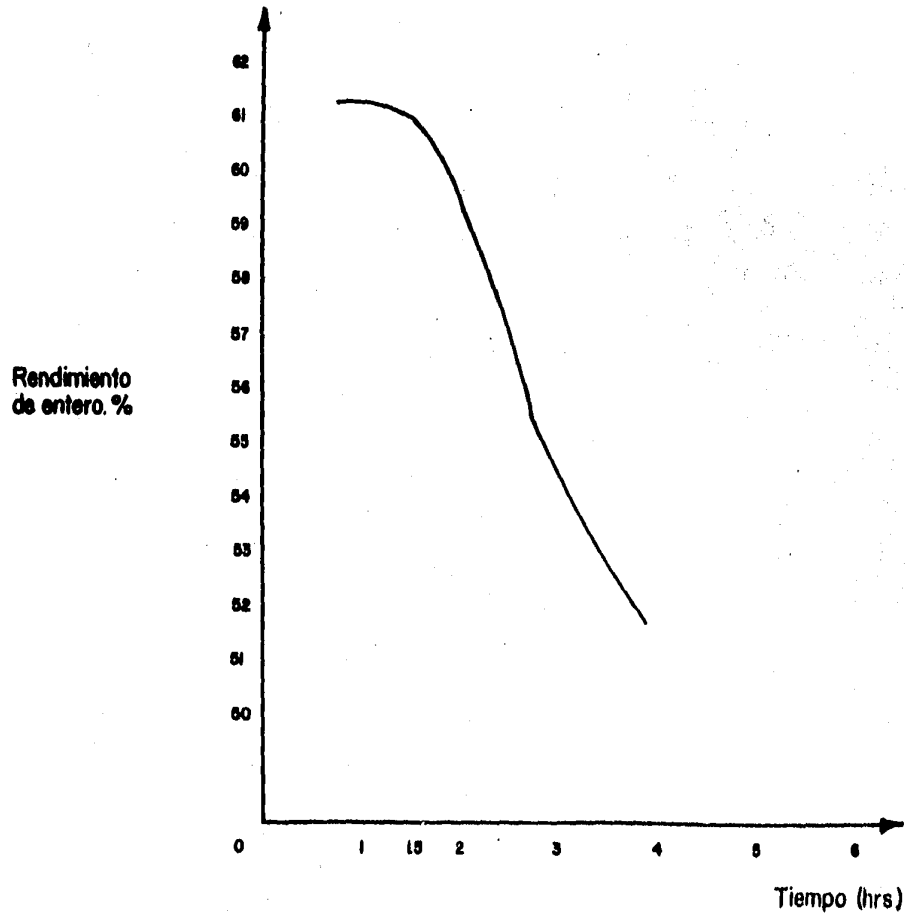


Fig. 29 Relación grafica del % de humedad y disminución del % de rendimiento de entero Lote C, molino II.

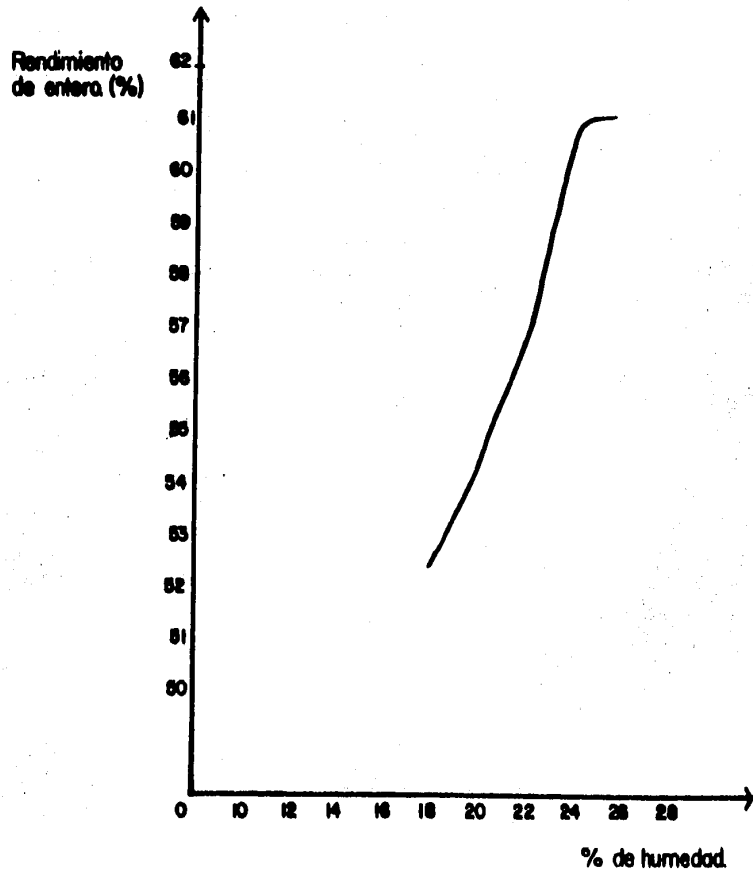


Fig. 30 Relacion grafica del tiempo de secado e incremento del % del grano quebrado, lote C, Molino II.

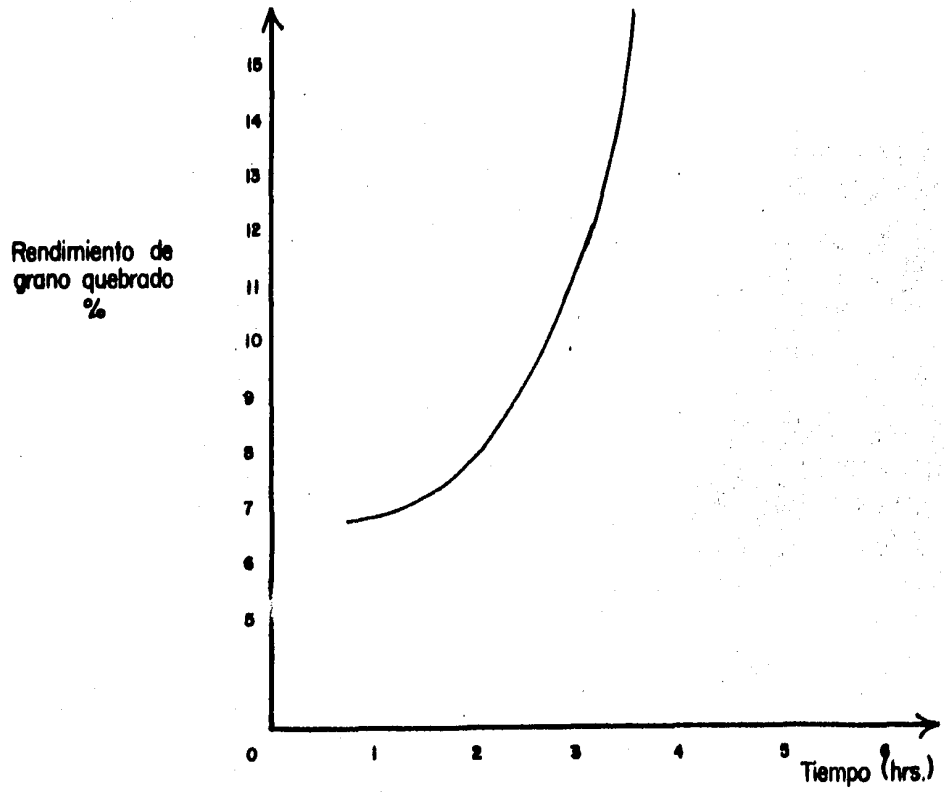


Fig. 31 Relación gráfica del porcentaje de humedad e incremento del % de grano quebrado

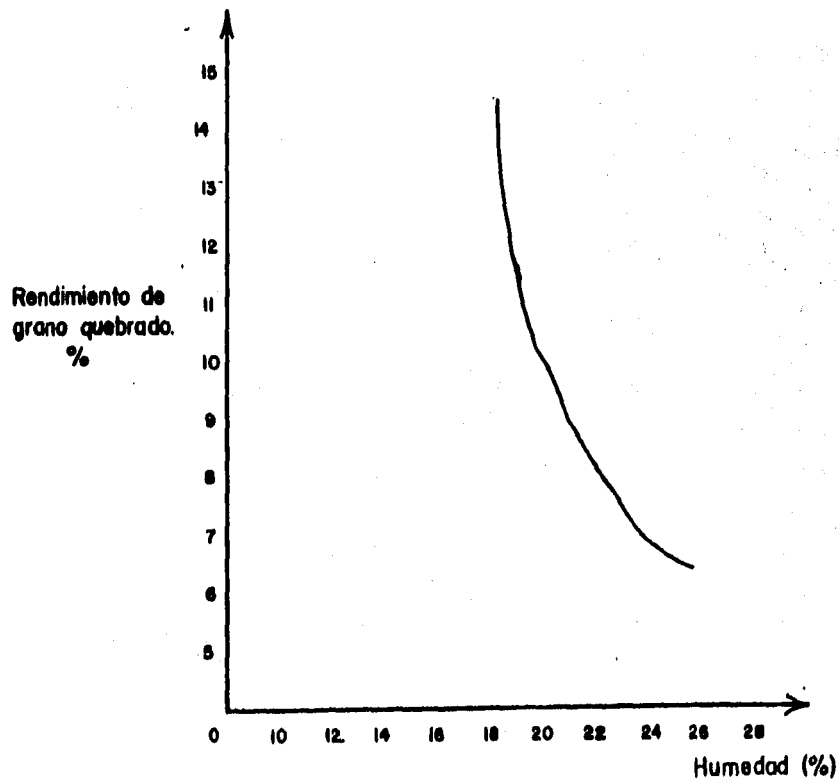


TABLA 21. PERFIL DE SECADO DEL MOLINO 11. LOTE D.

MUESTRA	% DE HUMEDAD	TIEMPO (HRS)	RENDIMIENTO DE ENTERO %	RENDIMIENTO DE QUEBRADO %
1	26.80	0.00	58.86	8.46
2	25.20	0.75	59.28	9.61
3	23.80	1.50	57.16	11.51
4	20.50	2.25	54.63	13.41
5	19.30	3.00	51.42	14.76
6	18.10	3.75	51.12	16.12
7	16.20	5.50	49.56	17.75

Duración del secado 5.5 hrs.
 Primera etapa de secado
 Temperatura del aire de secado 45-50°C
 Secadora de cascada con recirculación
 Tiempo de descarga 45 minutos.

Fig. 32 Curva de arroz palay para el lote D, Molino II.

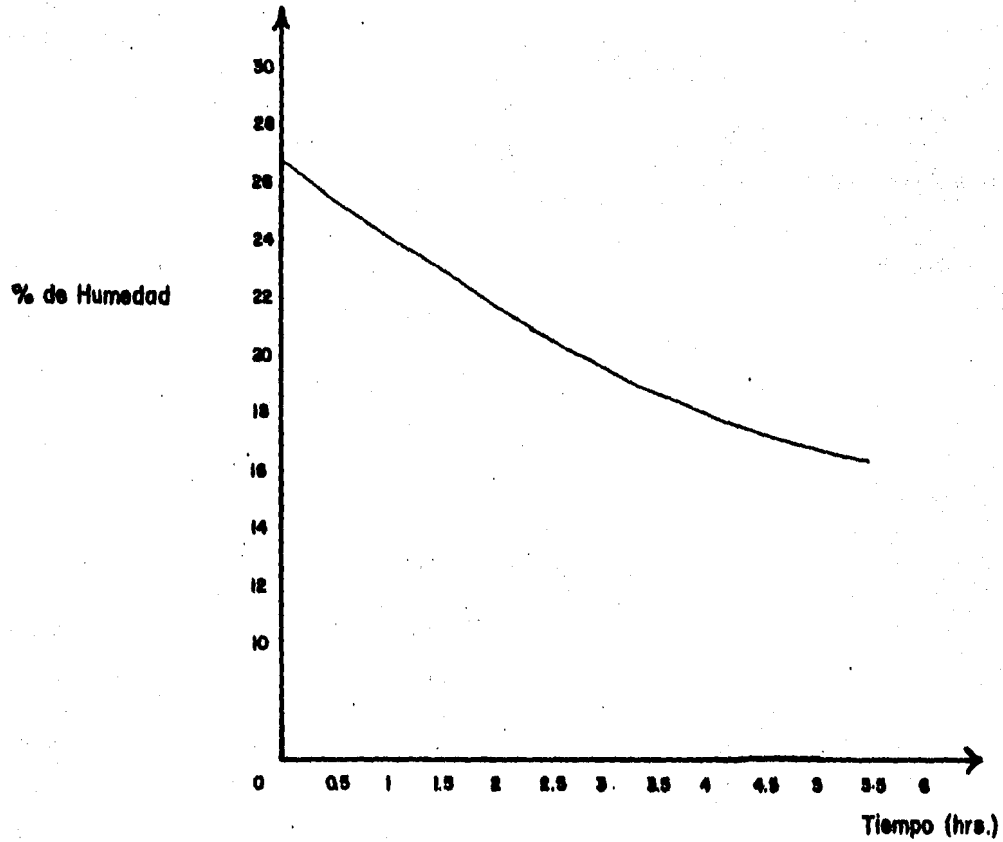


Fig. 33 Curva de velocidad de secado de arroz palay para el lote D, Molino II

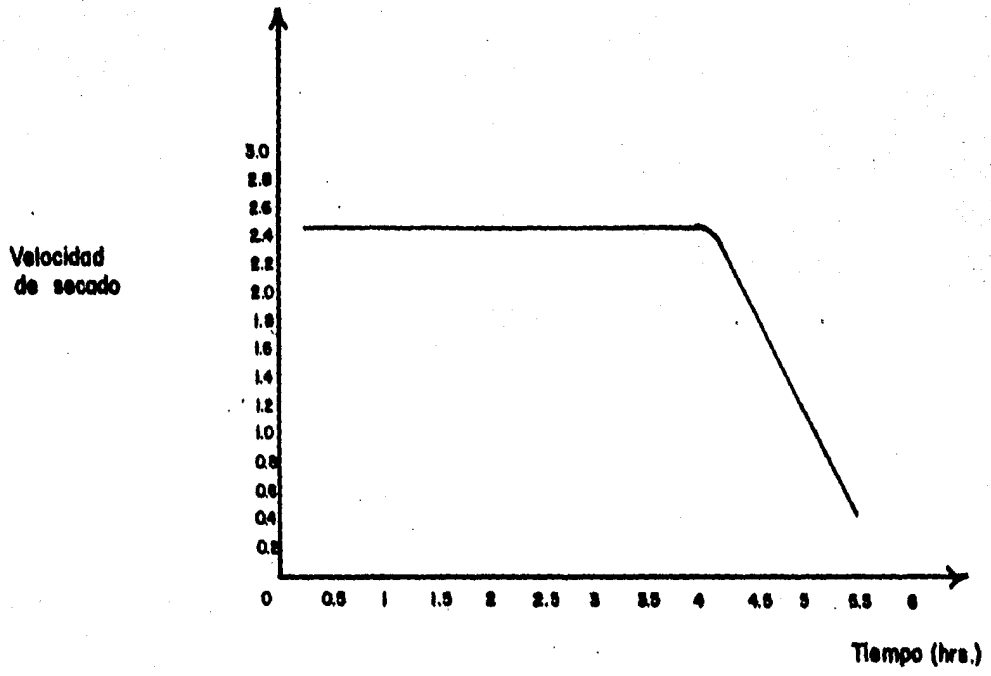


Fig.34 Relación grafica de tiempo de secado y disminución del % de rendimiento de entero, lote D, Molino II.

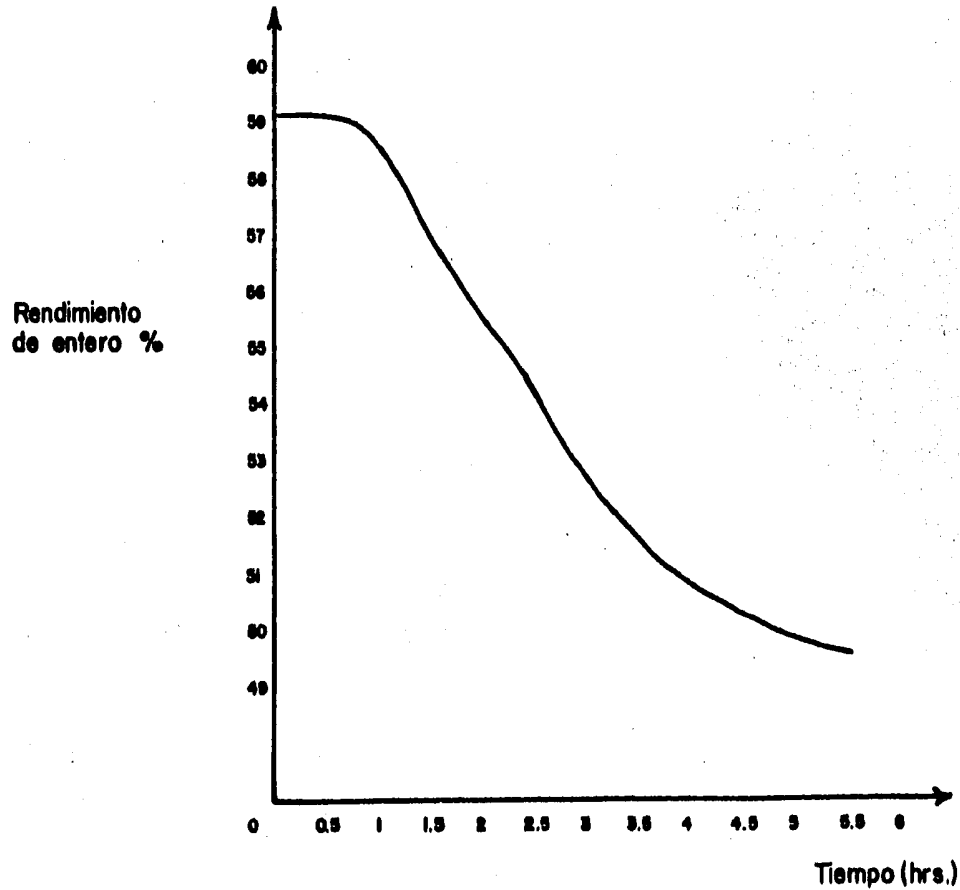


Fig.35 Relación grafica del % de humedad y disminución del % de rendimiento de entero, lote D, Molino II.

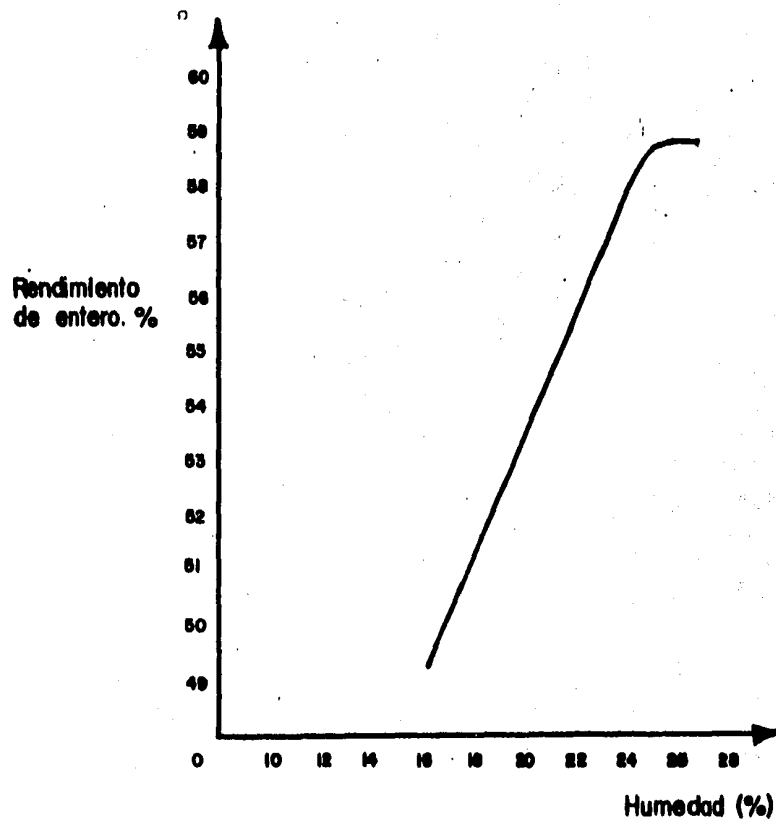


Fig.36 Relación grafica del tiempo de secado e incremento de % de grano quebrado, lote.D, Molino II.

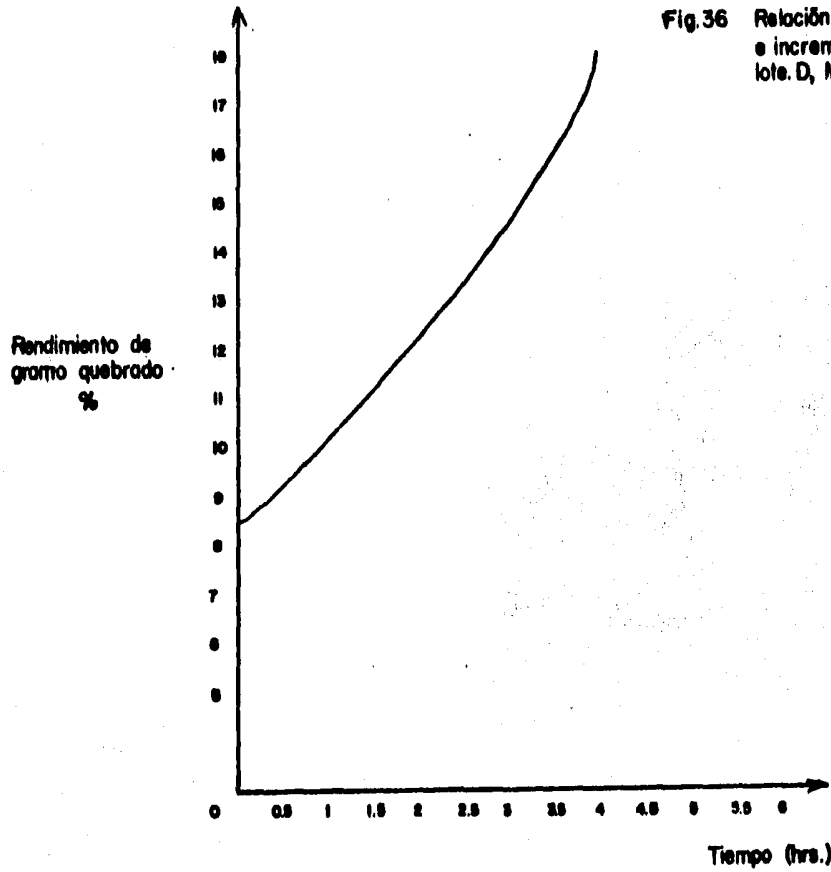


Fig. 37 Relación grafica del % de humedad e incremento del % de grano quebrado, lote D, Molino II.

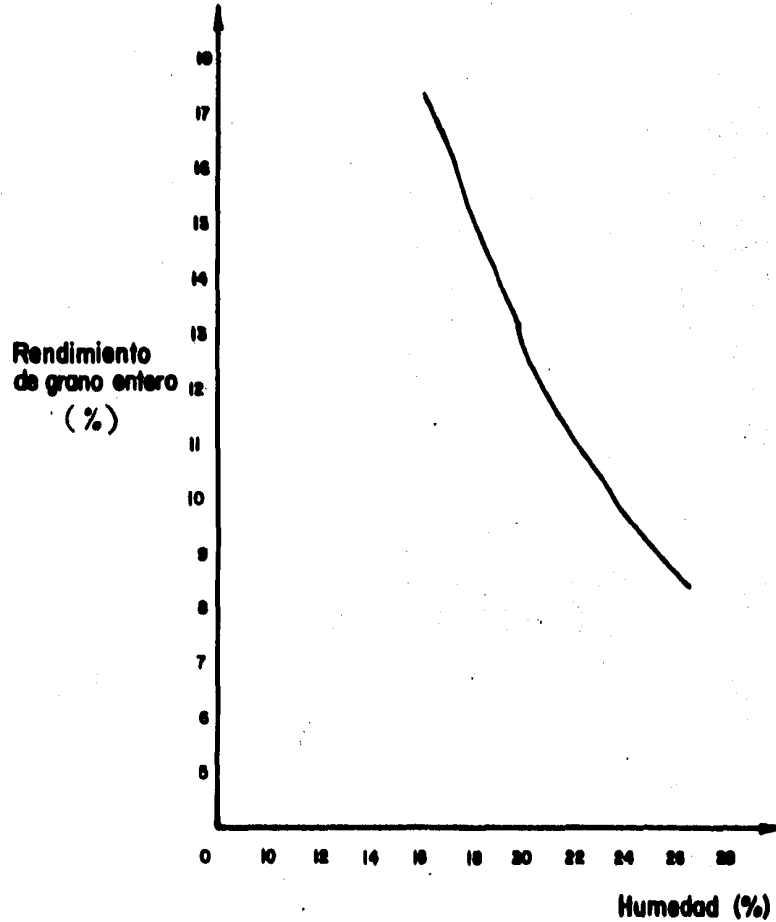


TABLA 22 PERFIL DE SECADO DEL MOLINO 11 LOTE E.

MUESTRA	% DE HUMEDAD	TIEMPO (HRS)	RENDIMIENTO DE ENTERO %	RENDIMIENTO DE QUEBRADO %
1	26.5	0	-	-
2	24.3	1	-	-
3	21.5	2	-	-
4	19.0	3	-	-
5	17.4	4	-	-
6	15.6	5	-	-

- Primera etapa de secado
- Duración del secado 5 hrs.
- Temperatura del aire de secado 45-50°C
- Secadora de cascada con recirculación.
- Tiempo de descarga 45 minutos.

Fig.38 Curva de secado de arroz palay para el lote E, Molino II.

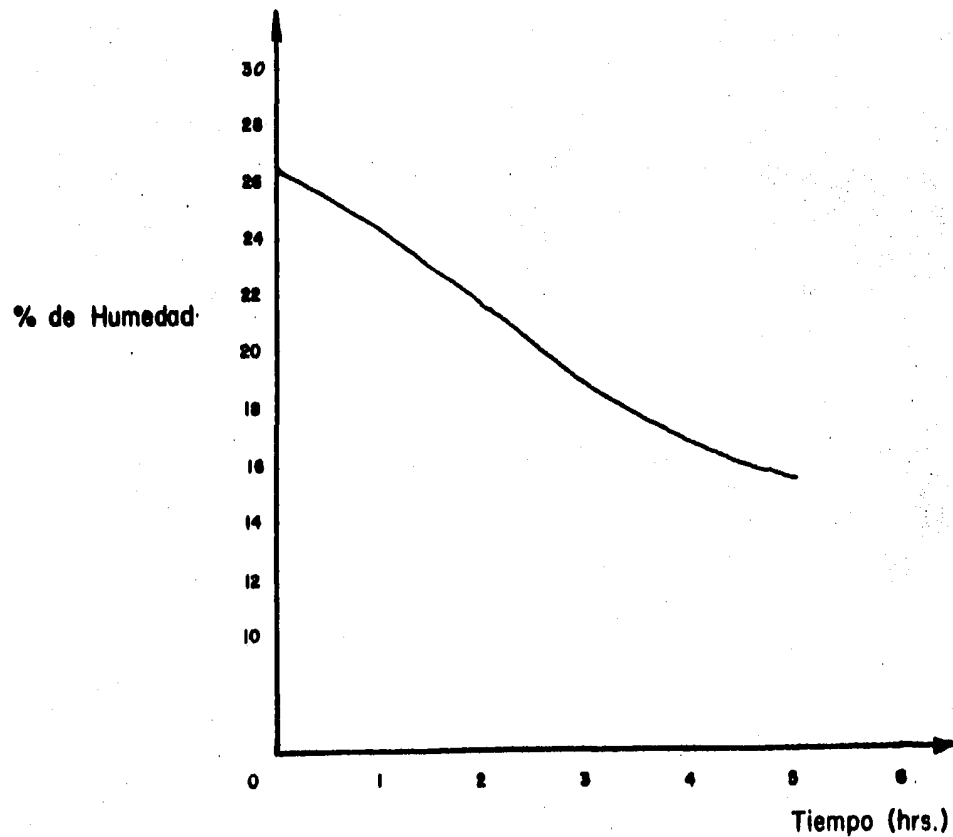


Fig. 39 Curva de velocidad de secado de arroz palay para el lote E, Molino II.

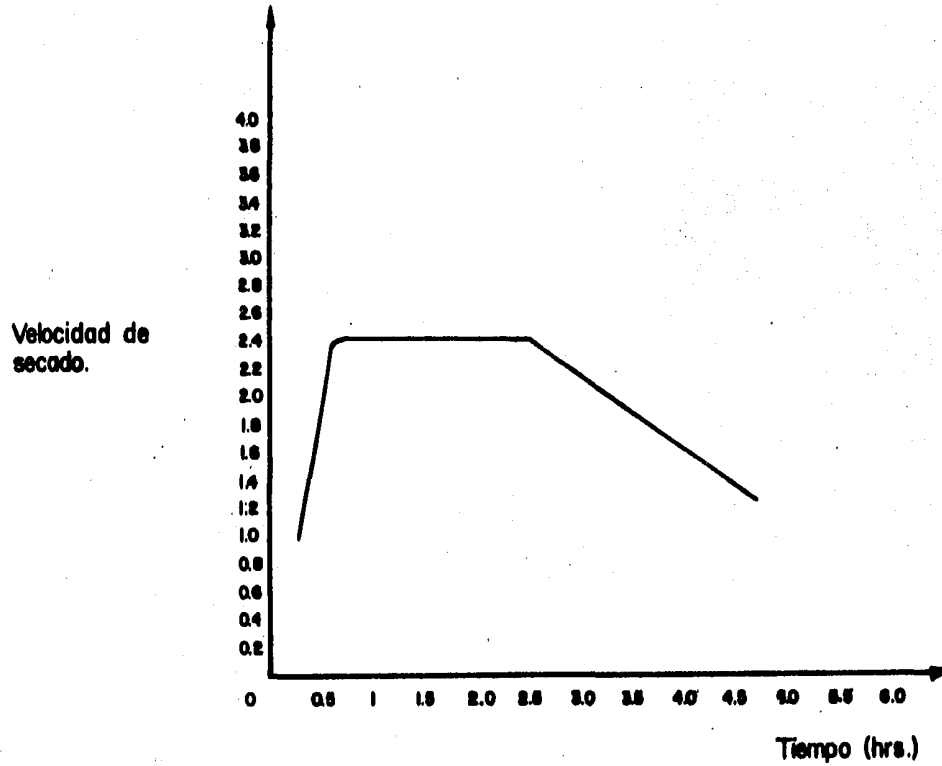


TABLA 23. PERFIL DE SECADO DEL MOLINO IV LOTE A.

MUESTRA	% DE HUMEDAD	TIEMPO (HRS)	RENDIMIENTO DE ENTERO %	RENDIMIENTO DE QUEBRADO %
1	26.0	0	53.27	14.04
2	23.6	1	49.36	16.52
3	20.5	2	49.00	17.54
4	18.1	3	44.77	20.67
5	14.2	4	34.55	31.05
6	13.4	5	33.62	31.80

Tiempo de secado 5 hrs.

Secadora de cascada con recirculación.

Fig.40 Curva de secado de arroz palay para el lote A, Molino IV

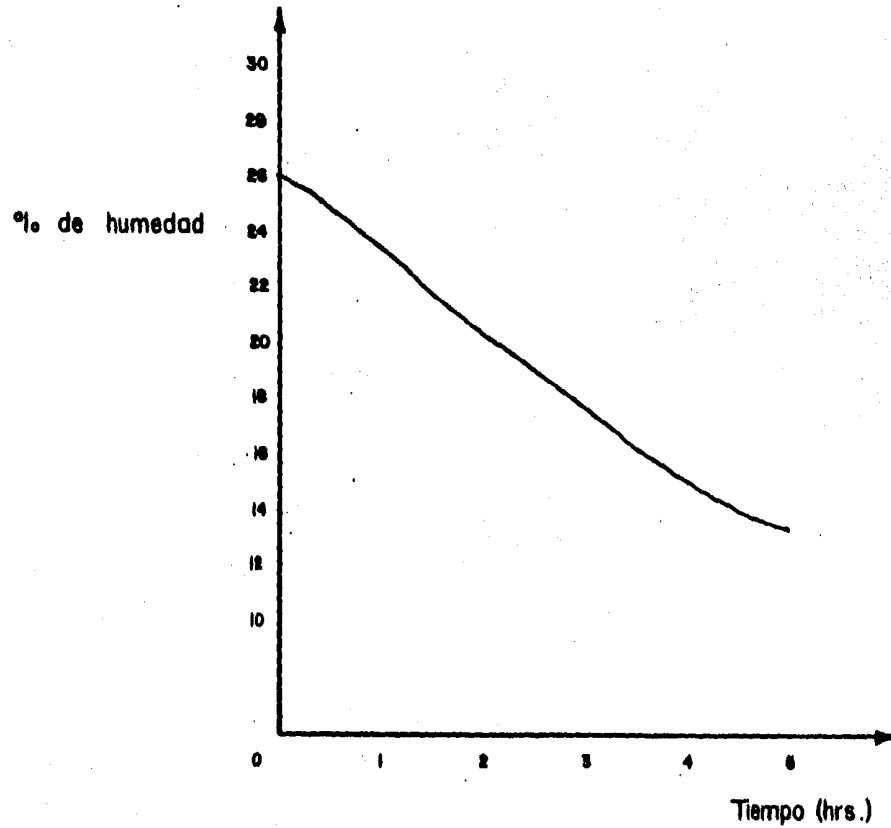


Fig. 41 Curva de velocidad de secado de arroz palay para el lote A, Molino IV.

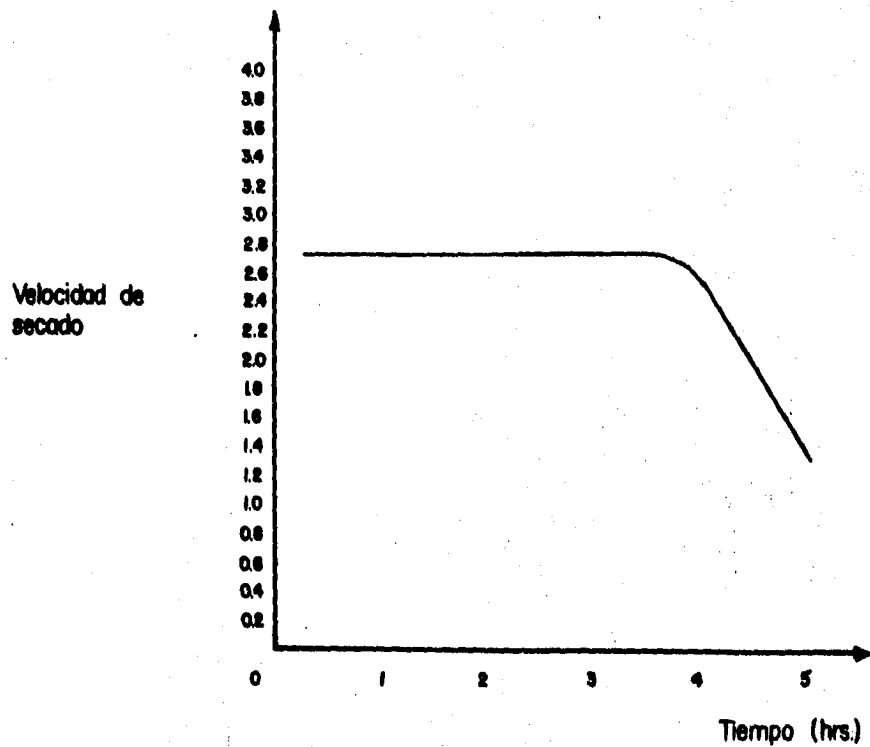


Fig. 42. Relación grafica de tiempo de secado y disminucion del % de rendimiento de entero lote A, Molino IV.

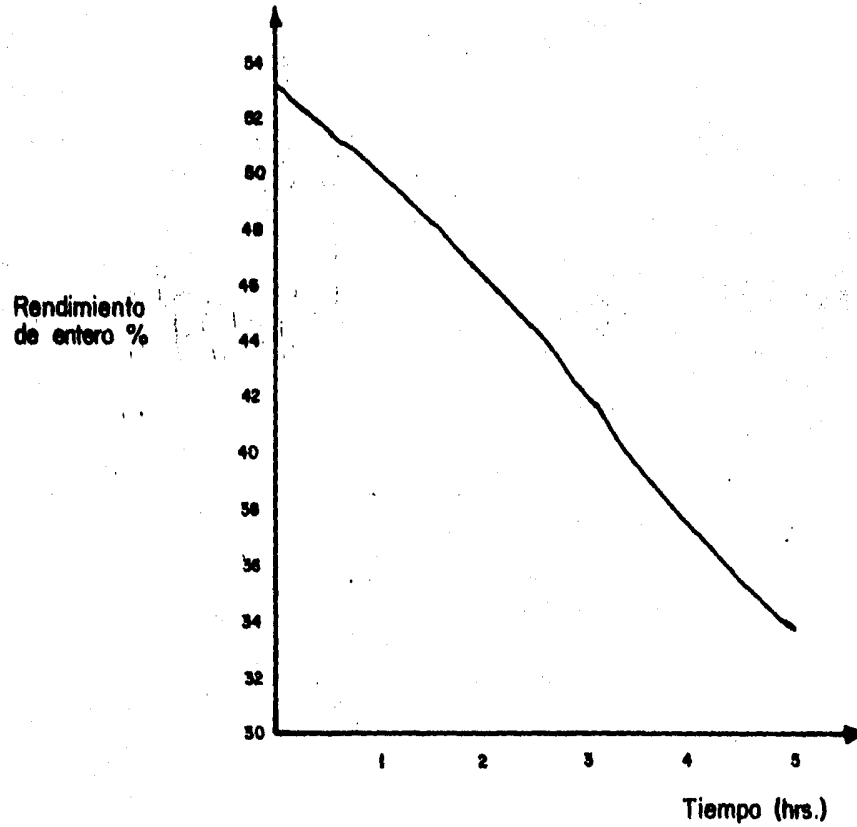


Fig.43 Relación grafica del % de humedad y disminución del % del rendimiento de entero, lote A, Molino IV.

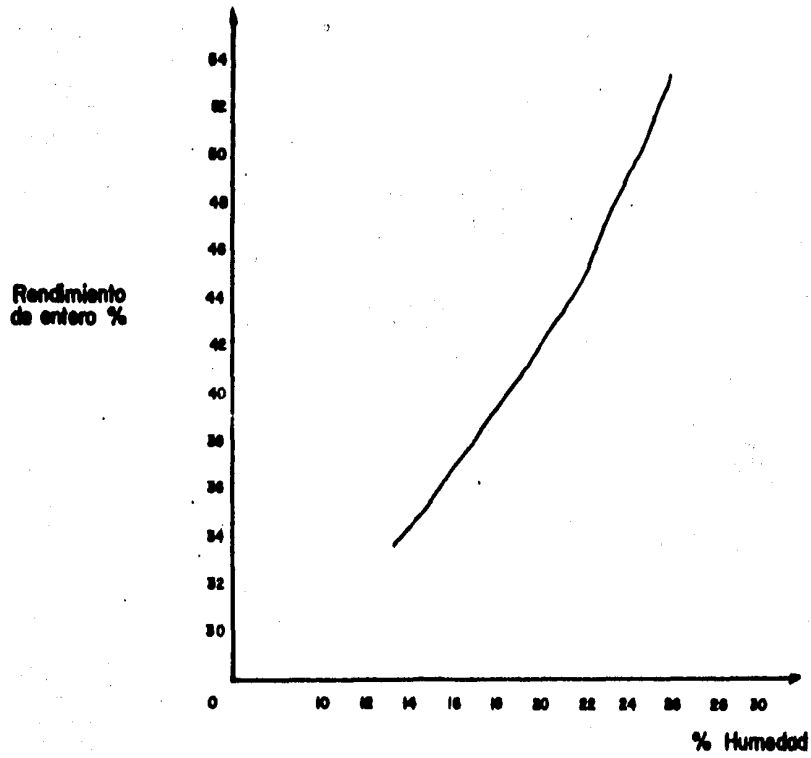


Fig. 44 Relación grafica del tiempo de secado e incremento de % de grano quebrado lote A, Molino IV.

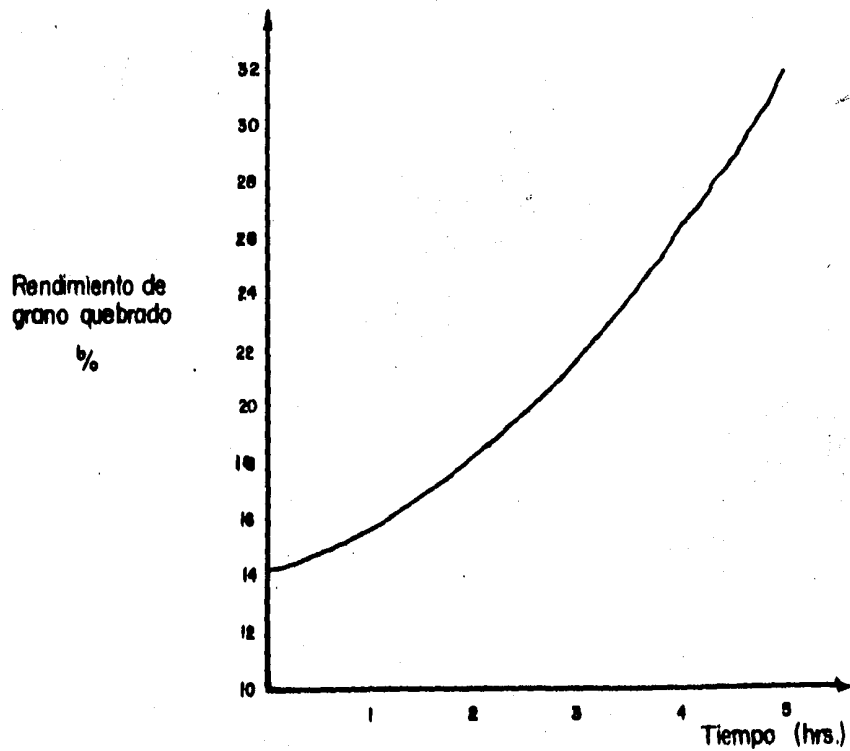
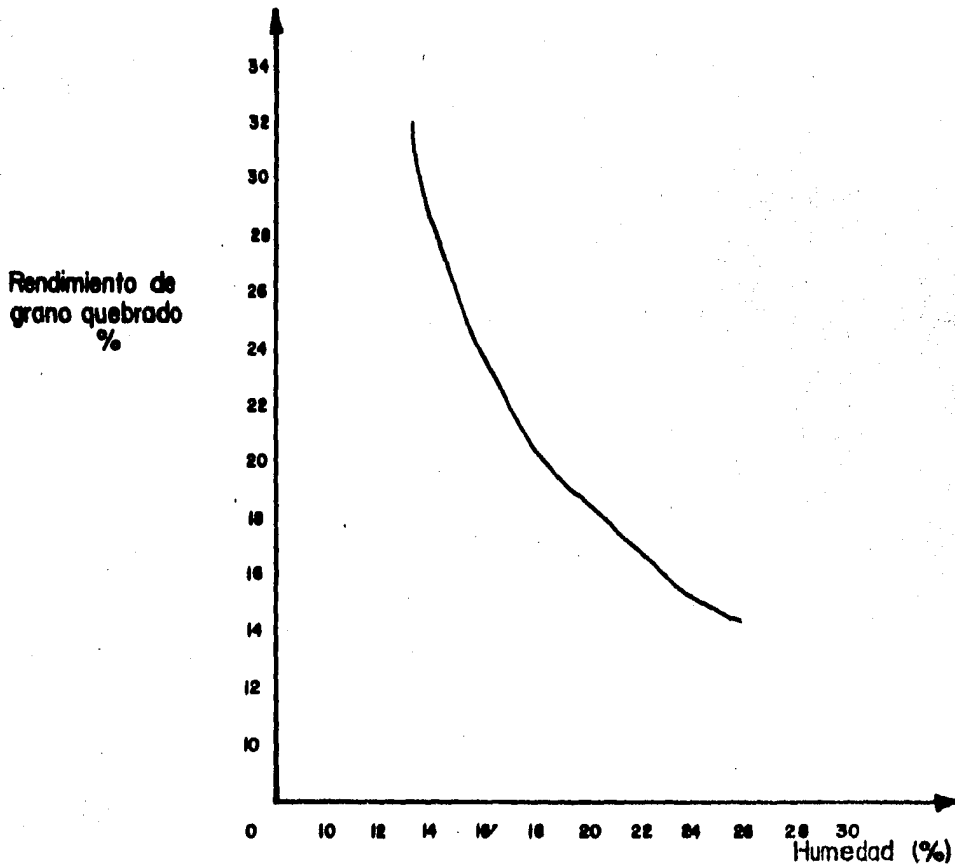


Fig.45 Relación grafica del % de humedad e incremento de % de grano quebrado, lote A, Molino IV



Los requerimientos de granos enteros e incremento de quebrado en diferentes lotes de los cuatro molinos evaluados se muestran en las Tablas 24 a 27. Al comparar estos resultados con los resultados de las Tablas 1 a 5 (las cuáles reportan la etapa de secado, las humedades iniciales y final, y porcentajes de humedad eliminada por etapa de los diferentes lotes analizados); se observó lotes con contenidos de humedad adecuadas para su almacenamiento, pero con rendimientos de enteros considerablemente bajos, lo que indica que en etapas anteriores el grano había sido dañado. Además estos lotes en algunos casos fueron sometidos a una etapa más de secado, reduciendo la humedad a niveles inferiores a lo recomendado, ocasionando bajos rendimientos de enteros y en consecuencia incrementos en la cantidad de granos quebrados.

Tenemos por ejemplo el caso del lote A - Molino I, que contenía al inicio de la última etapa de secado 13% de humedad con un rendimiento de entero de 19.41%, al final de la etapa se llegó a 11% de humedad y el rendimiento fué de 13.8%, la misma situación se encontró en el lote C del mismo Molino, en el lote A - del Molino II, en los lotes A, B y C del Molino III y en el lote C del Molino IV.

Fuó posible confirmar que el grano antes de someterse a la operación de secado se estaba dañando, lo que se afirma en base a que se detectaron lotes en la primera etapa de secado con rendimientos de enteros bajos y gran canti

dad de granos quebrados. Tal es el caso de los lotes H, I, J del Molino I, con rendimientos - de enteros al inicio del secado de 58.39%, -- 58.20% y 63.43%, situación similar se encontró en el Molino II lotes B, C, D, y F, en Molino-IV lotes A, B y D, Tablas 24, 25, y 27.

Las gráficas de barras en las cuales se - hace una comparación de Rendimiento de enteros, Figura 46 e Incremento de quebrado, Figura 47, antes y después del secado reportan disminu - ción en los Rendimientos de enteros, de 4.9%, 6.3%. 16.2% y 10.8% para los Molinos I, II, - III y IV respectivamente, Incrementos - de quebrados de 4.9% para el Molino I, 6.3% para el II, 16.3% para el III y 10.6% - para el Molino IV. Esta situación se considera grave para la calidad del grano de arroz ya - que como se dijo en el párrafo anterior el gra^{no} antes de someterse al secado tiene Rendi - mientos de granos enteros considerablemente - bajos.

TABLA 24 CALIDAD MOLINERA EN MOLINO I

LOTE	RENDIMIENTO DE ENTERO (%)		INCREMENTO DE QUIBRADO (%)	
	ANTES DE SECAR	DESPUES DE SECAR	ANTES DE SECAR	DESPUES DE SECAR
A	19.41	13.88	45.71	51.99
B	50.09	47.97	16.98	21.51
C	30.19	21.33	36.88	45.63
D	50.24	50.77	17.16	17.18
E	51.18	44.41	16.19	23.87
F	55.33	48.10	13.07	19.53
G	50.30	48.36	18.52	20.21
H	55.39	52.49	9.40	14.36
I	58.20	53.99	10.45	13.46
J	62.43	55.23	6.61	12.17

- Rendimientos en base a 100 ges. de arroz pelay.

TABLA 25. CALIDAD MOLINERA EN MOLINO 11.

LOTE	RENDIMIENTO DE ENTERO (%)		RENDIMIENTO DE QUEBRADO (%)	
	ANTES DE SECAR	DESPUES DE SECAR	ANTES DE SECAR	DESPUES DE SECAR
A	56.98	55.63	12.52	13.46
B	59.19	49.38	11.61	18.50
C	61.27	54.58	6.72	13.12
D	58.86	49.56	8.46	17.75
E	56.14	52.24	10.87	16.12
F	56.52	49.74	11.43	18.26

- Rendimiento en base a 100 grs. de arroz palay.

TABLA 26. CALIDAD MOLINERA EN MOLINO III.

LOTE	RENDIMIENTO DE ENTERO (%)		INCREMENTO DE QUEBRADO (%)	
	ANTES DE SECAR	DESPUES DE SECAR	ANTES DE SECAR	DESPUES DE SECAR
A	57.73	47.45	12.41	20.78
B	56.25	49.34	10.58	17.52
C	55.29	49.11	12.71	19.03
D	53.61	24.34	13.47	43.23
E	53.48	24.74	13.79	42.84

- Rendimiento en base a 100 gra. de arroz palay.

TABLA 27. CALIDAD MOLINERA EN MOLINO IV.

LOTE	RENDIMIENTO DE ENTERO (%)		INCREMENTO DE QUEBRADO (%)	
	ANTES DE SECAR	DESPUES DE SECAR	ANTES DE SECAR	DESPUES DE SECAR
A	44.77	33.62	20.67	31.80
B	54.60	50.44	12.10	16.49
C	51.25	48.57	16.09	18.84
D	51.98	26.42	15.60	40.10

- Rendimiento en base a 100 grs. de arroz palay.

Fig.46 Comparación de rendimiento de entero antes y después de la operación de secado

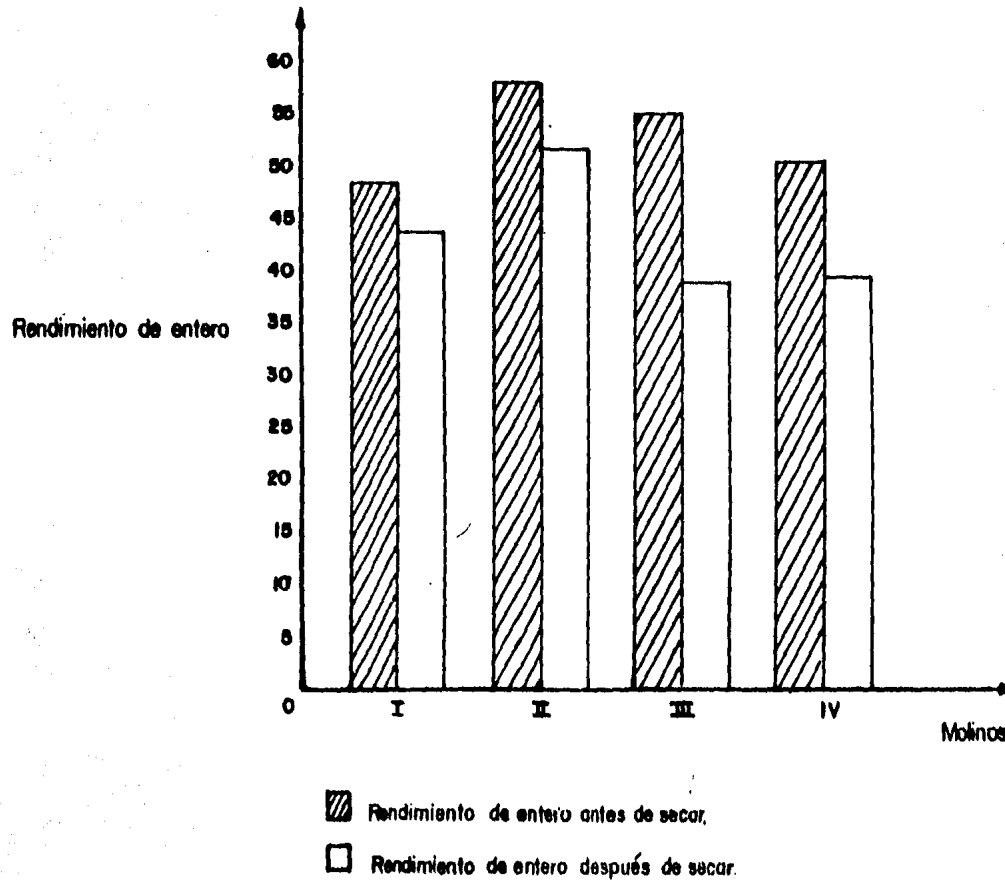
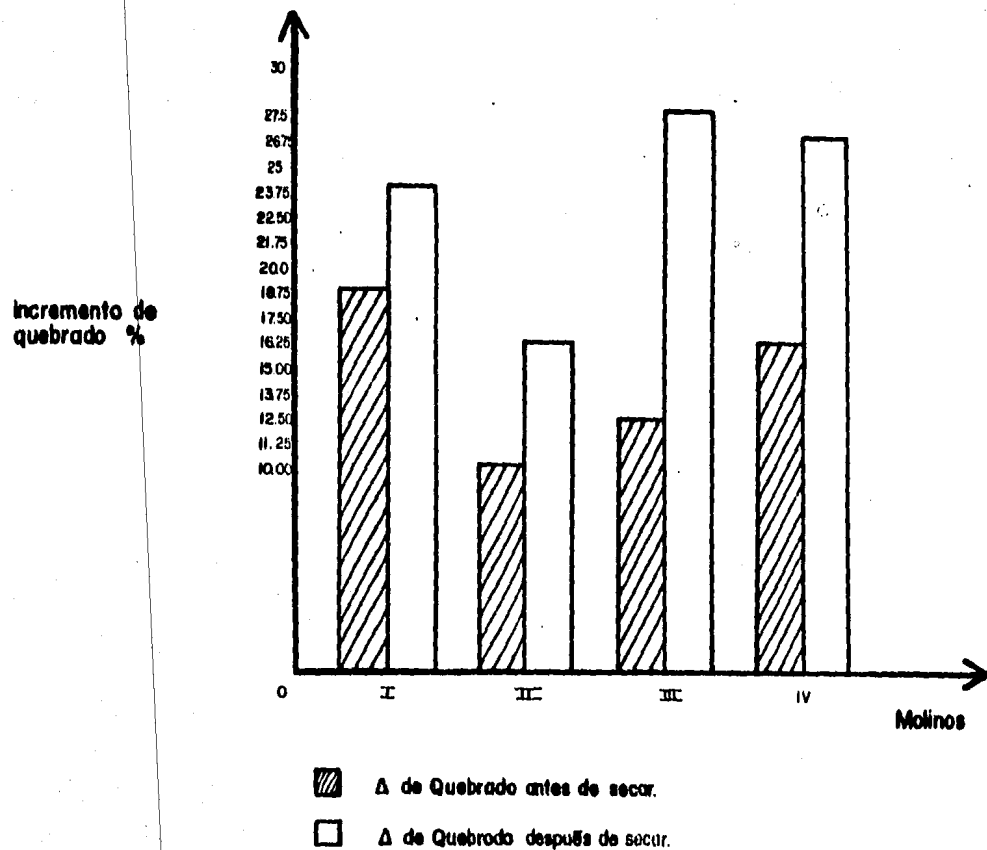


Fig. 47 Comparación de incremento de quebrado antes y después de la operación de secado.



5. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en la evaluación del secado de arroz variedad Morelos A-70 se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. Las distribuciones de áreas dentro de las instalaciones evaluadas indican que se ha tenido crecimiento pero no ha existido planificación.

2. Los equipos utilizados para llevar a cabo la operación de prelimpia son cribas y cribas con aspiración. Las cantidades detectadas de material extraño que se elimina (Granos vanos e Impurezas, Tablas 8, 11, 14 y 17, Figuras 23 y 24), indican que el equipo que se tiene para llevar a cabo esta operación no trabaja con eficiencia.

3. Los Equipos para llevar a cabo la operación de secado en los cuatro molinos, son secadoras de cascada con mezclado y secadoras de lecho estático capa delgada.

4. Los métodos de secado manejados en las cuatro instalaciones son: Secado al sol, Secado mecánico y Secado combinado, en los cuales se observaron varias alternativas que varían de 4 a 6, lo que no implica que alguna de estas alternativas sea la adecuada para la variedad Morelos A-70.

5. El control inadecuado o la falta de éste de las condiciones a las que se somete el grano durante la operación de secado, (Humedad

inicial y final del grano, humedad eliminada por etapa, temperatura del grano, temperatura del aire de secado), se deben principalmente a fallas en el equipo, falta de personal capacitado y de información técnica.

6. Las cantidades detectadas de granos vanos e impurezas totales en la Recepción contribuyen a la mala calidad del arroz palay, y en el caso del Secado disminuyen la eficiencia de la operación y la capacidad del equipo.

7. De los aspectos determinados en los -- granos de arroz en la Recepción, (granos vanos, impurezas, granos descascarillados), de las ondiciones de secado manejadas durante la operación y de acuerdo a los resultados de Calidad Molinera, se encontró que la mala cali-dad del arroz palay, humedades a la cosecha -muy por arriba de lo recomendado, humedades al final del secado abajo de 13-14%, temperaturas del aire de secado altas, y porcentajes de humedad eliminada por etapa muy superiores a las 2-3 unidades que se recomienda eliminar, están contribuyendo a obtener bajos rendimientos de granos enteros y a incrementar la cantidad de granos quebrados durante la operación de seca-do.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Anglodette, A. (1969). "El arroz". Colección Agricultura Tropical. Editorial Blume, Barcelona España.
2. Anónimo, (1982) "Anteproyecto de norma de calidad Mexicana para la comercialización del arroz pulido (*Oryza Sativa*)". Secretaría de Comercio. Dirección de Normas Comerciales.
3. Barber, S., Jayme Salazar A., y Trejo Burgueno, M.M. (1980) "Evaluación de la calidad del grano de arroz en los puntos críticos de la secuencia campo-consumidor". Subproyecto 4 del Proyecto "Diagnóstico Experimental de la Molinería del Arroz Palay en México." UNAM-FESC- CSIC-IATA. No publicado.
4. Calderwood, D.C. "Use of aeration to aid rice drying". Trans, ASAE 9 (6). 893 (1966), and Rice J. 69 (6). 22 (1966). Citado por Wasserman y Calderwood 1972, en Rice Chemistry and Technology, editado por D.F. Houston. The American Association of Cereal Chemistes. St Paul, Minnesota.
5. De Datta S. K. (1981) "Principles and Practice of Rice Production". A.W. Ley International Publication John Wiley and Sons. New York.
6. Esmay, M., Soemangat, Eriyatno, y Phillips, A. (1979). Rice Postproduction Technology in the Tropics". The University Press of

Hawai, Honolulu.

7. Foust, A.S.; Wenzel, L.A.; Clump, C.W.; Louis Maus y Anderson, L.B. (1978). "Principios de operaciones unitarias". 11a. edición. Compañía Editorial Continental, S.A., México.
8. Hall, D. W. (1971) "Manipulación y almacenamiento de granos alimenticios en las zonas tropicales y subtropicales". Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
9. Jayme-Salazar, A. (1981). "Principios fundamentales y sistemas de secado". En apuntes del curso sobre, "Industrialización del Arroz". Sección de Alimentos de PESC-UNAM. Oaxtepec, Morelos.
10. Kunze, O.R. (1979). "Fissuring of the rice-grain after heated air drying" This article from the transaction of the ASAE, (Vol. 22, Número 5).
11. Loncin, M. (1965). "Técnica de la Ingeniería Alimentaria". Editorial Dossat, S.A. Madrid España.
12. Martínez, E.D. (1966). "El secamiento del arroz". Rev. Arroz-Colombia.
13. Primo, Y. y Barber, S. (1979). "Química y Tecnología del Arroz" Rev. Investigación y Ciencia No. 2 Nov. Edición en español.

14. Ramirez, G.M. (1966). "Almacenamiento y conservación de granos y semillas". Editorial CECSA. México.
15. Sorenson, J.W., Jr and Crane, L.E. (1960) "Drying rough rice in storage." Texas Agr. Expt. Sta Bull. R-952, 19 pp. Citado por Wasserman, T., and Calderwood, D.C. (1972). en "Rice Chemistry and Technology", Editado por D.F. Houston. The American Association of Cereal Chemistes. St. Paul Minnesota.
16. Tupolonski. E., (1975). "El Arroz" su cultivo y producción". Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires.
17. Treybal, E.R. (1980). "Operaciones de Transferencia de masa". 2a. Edición, McGraw-Hill. México.
18. Wasserman. T., Rerrel, R.E., Houston, D.F., Breitwieser, E. and Smith, G. (1964). "Tempering western rice" Rice J. (Feb 16) 17, 20-22 Citado por James, F., Steffe, R., Paul Singh., George, E Miller, Jr. (1980) "Harvest, Drying and Storage of Rough Rice" "Rice Production and Utilization". The Avi Publishing Company. Inc, West port, Connecticut.