



2479  
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

Facultad de Estudios Superiores "CUAUTITLAN"

**“ Caracterización Preliminar de Germen de Arroz en Variedades Morelos A-70, Navolato A-71, Culiacán A-82 y Jojutla X Nailand y Desarrollo de Metodología y Equipo de Laboratorio para la Separación y Purificación de Germen en Salvado Comercial. ”**

**TESIS PROFESIONAL**

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

**ROSALIA MELENDEZ PEREZ**

CUAUTITLAN IZCALLI, MEXICO

1986



## **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.

## INDICE

	página
I RESUMEN	1
II INTRODUCCION	4
1 GENERALIDADES SOBRE EL ARROZ	4
1.1 Botánica, Morfología y composición del grano de arroz	4
1.2 Producción Internacional y Nacional del arroz palay	8
1.3 Características de la Industria Arroceras en México	12
1.4 Elaboración Industrial del arroz	13
2 SUBPRODUCTOS DEL ARROZ	23
2.1 Utilización de algunos subproductos del arroz	23
2.2 Salvado de arroz	24
2.2.1 Usos del salvado de arroz	24
3 GERMEN DE ARROZ	27
3.1 Partes principales del germen	27
3.2 Histoquímica del germen	34
3.3 Composición química del germen	36
3.4 Propiedades físicas del germen	44
3.5 Usos del germen	46
3.6 Separación y/o purificación del germen a partir de salvados comerciales	47
III OBJETIVOS	48

	página
<b>IV MATERIALES Y METODOS</b>	<b>49</b>
<b>1 MATERIALES</b>	<b>49</b>
<b>1.1 Muestras de arroz palay procedentes de Centros de Investigación ( muestras puras )</b>	<b>49</b>
1.1.1 Arroz palay	49
<b>1.2 Muestras de productos y subproductos obtenidas en procesos industriales ( muestras comerciales )</b>	<b>49</b>
1.2.1 Arrz palay	51
1.2.2 Arroz moreno	51
1.2.3 Arroz blanco	52
1.2.4 Salvado de arroz	52
<b>2 METODOS</b>	<b>53</b>
<b>2.1 Toma de muestras de Centros de Investigación ( muestras puras )</b>	<b>53</b>
<b>2.2 Toma de muestras de productos y subproductos obtenidas de procesos industriales ( muestras comerciales )</b>	<b>53</b>
2.2.1 Toma de muestras de arroz palay	53
2.2.2 Toma de muestras de arroz moreno	53
2.2.3 Toma de muestras de arroz blanco	54
2.2.4 Toma de muestras de salvado	54
<b>2.3 Experimentación general para la caracterización de germen</b>	<b>55</b>
2.3.1 Muestras de Centros de Investigación ( muestras puras )	55

		página
	2.3.1.1	Experimentación previa 55
		a) Arroz palay 55
		b) Arroz moreno 57
	2.3.1.2	Evaluación de germen 57
	2.3.1.3	Experimentación complementaria 58
		a) Evaluación de Calidad Molinera 58
		b) Determinación del % de cascarilla 62
		c) Determinación del % de salvado 62
	2.3.2	Muestras de productos y subproductos de procesos industriales 62
	2.3.2.1	Experimentación previa 62
		a) Arroz palay 62
		b) Arroz moreno 63
	2.3.2.2	Evaluación de germen 63
	2.3.2.3	Experimentación complementaria 63
2.4		Purificación de germen 64
	2.4.1	Concentración de germen por tamizado 65
		a) Determinaciones en tamizado 65
	2.4.2	Purificación de germen 67
	2.4.2.1	Construcción y caracterización del separador neumático 67

	página	
2.4.2.2	Caracterización de funcionamiento del purificador de germen neumático	71
2.4.2.3	Operación del purificador de germen neumático	73
2.5	Determinaciones Estadísticas	77
<b>V</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>78</b>
1	EXPERIMENTACION PREVIA	78
1.1	Caracterización de germen	78
1.2	Concentracón de germen de salvado comercial	80
1.2.1	Resultados de tamizado	80
1.2.2	% Real de germen en muestras seleccionadas	84
1.3	Caracterización del equipo	86
2	ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES PRESENTES DENTRO DE CADA MUESTRA EN LAS VARIEDADES INVESTIGADAS	97
2.1	Análisis de la variación en el peso de 1000 granos de arroz palay	97
2.2	Análisis de la variación en el peso de 1000 granos de arroz moreno	99
2.3	Análisis de la variación en el % de cascarilla	101
2.4	Análisis de la variación en el peso de 1000 granos de arroz blanco	101
2.5	Análisis en la variación en el % de salvado	103
2.6	Rendimiento en Molinería	106
2.7	Análisis de la variación del % de germen en arroz moreno	106

		página
2.8	Análisis de la variación del % de germen en arroz palay	109
2.9	Análisis de la variación en dimensiones del germen de arroz	112
2.9.1	Largo del germen de arroz	113
2.9.2	Ancho del germen de arroz	116
3	ANALISIS DE LAS VARIACIONES PRESENTES EN CADA VARIEDAD INVESTIGADA	119
3.1	Comparación dentro de cada variedad en el % de cascarilla	119
3.2	Comparación dentro de cada variedad en el % de salvado	121
3.3	Comparación dentro de cada variedad en el % de germen en arroz moreno en base al peso final de 50 granos de arroz desgerminado	123
3.4	Comparación dentro de cada variedad en el % de germen en arroz palay con respecto al peso final de 50 granos de arroz desgerminado	125
3.5	Comparación dentro de cada variedad en las dimensiones del germen de arroz	125
3.5.1	Largo del germen de arroz	125
3.5.2	Ancho del germen de arroz	127
4	COMPARACION ENTRE MUESTRAS PROCEDENTES DE CENTOS DE INVESTIGACION ( puras ) Y MUESTRAS OBTENIDAS DE MOLINOS COMERCIALES DENTRO DE UNA MISMA VARIEDAD	130
4.1	Pruebas de diferencia mínima significativa honesta ( DMSH ) para la comparación de medias donde se detectaron diferencias significativas en los análisis de varianza	131
4.1.1	Pruebas DMSH para % de cascarilla	131

	página	
4.1.2	Pruebas DMSH para % de salvado	133
4.1.3	Pruebas DMSH para % de germen en arroz palay con respecto al peso final de 50 granos desgerminados	133
4.1.4	Pruebas DMSH para % de germen en arroz palay con respecto al peso final de 50 granos desgerminados	135
4.1.5	Pruebas DMSH para largo de germen de arroz	135
4.1.6	Pruebas DMSH para ancho de germen de arroz	135
4.2	Comparación entre muestras procedentes de centros de Investigación ( muestras puras ) y muestras obtenidas de molinos comerciales dentro de una misma variedad	139
4.2.1	Comparación entre el % de cascarilla	139
4.2.2	Comparación del % de salvado	141
4.2.3	Comparación del % de germen en arroz moreno en base al peso final de 50 granos de arroz desgerminados	141
4.2.4	Comparación del % de germen en arroz palay en base al peso final de 50 granos de arroz desgerminado	142
4.2.5	Comparación del largo de germen	142
4.2.6	Comparación del ancho de germen	142
5	OPERACION DEL PURIFICADOR NEUMATICO DEL GER- MEN	143
5.1	Purificación de germen en la fracción RT-20	144
5.2	Purificación de germen en la fracción RT-40	146
VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	157

1	CONCLUSIONES	página
1.1	Caracterización del germen de arroz	157
1.2	Determinaciones colaterales a la caracterización del germen de arroz	159
1.3	Concentración de germen a partir de salvado comercial	160
1.4	Desarrollo y caracterización del separador neumático	160
1.5	Purificación de germen en el equipo construido	161
1.6	Metodología preliminar para separación y/o purificación de germen de arroz a partir de salvado comercial	162
2	RECOMENDACIONES	
2.1	Caracterización de germen	164
2.2	Caracterización del separador neumático	165
2.3	Purificación de germen	165
VII	ANEXO ( DETERMINACIONES ESTADISTICAS )	167
1	Media Aritmética	167
2	Desviación Estandar	167
3	Coficiente de Variación	168
4	Promedio de Promedios	169
5	Desviación Estandar de los Promedios	169
6	Coficiente de Variación Total	169
7	Regresión lineal simple y correlación	170
8	Análisis de Varianza	174

	página
9 Pruebas DMSH (Diferencia Mínima Significativa Honesta)	180
10 Muestras Independientes	182
<b>VIII BIBLIOGRAFIA</b>	<b>186</b>

No.	C U A D R O S	página
1	Composición de las diferentes estructuras del grano de arroz	5
2	Superficie cosechada, producción y rendimiento de arroz palay en la República Mexicana de 1980 a 1983	9
3	Producción Nacional por estados en Riego y en Temporal para los años 1982-1983	11
4	Propiedades nutritivas del salvado de arroz comercial	26
5	Composición química general del grano de arroz	37
6	Composición de Aminoácidos de las proteínas del salvado y del germen	38
7	Composición de Acidos grasos de los Lípidos del salvado y del germen	40
8	Contenido de elementos minerales de las cenizas del salvado y del germen	41
9	Contenido de vitaminas de salvado y germen	43
10	Densidad a granel del germen	45
11	Distribución del tamaño de partícula del germen de arroz	45
12	Procedencia de los materiales obtenidos en muestras de distintas variedades investigadas	50
13	Cuadro de experimentación para la caracterización de germen	56
14	Presentación de los datos obtenidos durante la experimentación para la caracterización del germen	59
15	Cálculos para la caracterización de germen de arroz	60
16	Presentación de los resultados de las mediciones en germen de arroz	61

		página
17	Concentración de germen, pruebas de tamizado	66
18	Recolección de datos de flujo de aire, intensidad de corriente y velocidad de rotación del equipo - con sus diferentes alturas	74
19	Cuadro general de observaciones en las muestras de germen purificado	76
20	% de germen en arroz moreno con respecto al peso inicial en distintos tamaños de muestra y análisis de varianza para la selección de la muestra adecuada para trabajar	79
21	Análisis granulométrico para la combinación de tamices No. 20 y 35	81
22	Análisis granulométrico para la combinación de tamices No. 20 y 40	83
23	% Real de germen en las fracciones seleccionadas	85
24	% Real de germen separado (total de los tamices seleccionados)	85
25	Intensidad de corriente del equipo sin ninguna sección de la columna separadora	87
26	Ecuaciones de regresión y coeficientes de correlación para la intensidad de corriente en las distintas características del separador neumático	89
27	Ecuaciones de regresión y coeficientes de correlación para el flujo de aire en las distintas características del separador neumático	89
28	Ecuaciones de regresión y coeficientes de correlación para la velocidad de rotación a distintas características del separador neumático	89
29	Comportamiento simultáneo de la intensidad de corriente, flujo de aire y velocidad de rotación a distintas características del separador neumático con % TM de 20	91

	página	
30	Comportamiento simultáneo de la intensidad de corriente, flujo de aire y velocidad de rotación a distintas características del separador neumático con % TM de 40	91
31	Comportamiento simultáneo de la intensidad de corriente, flujo de aire y velocidad de rotación a distintas características del separador neumático con % TM de 60	91
32	Promedios del peso de 1000 granos de arroz palay de las distintas muestras en las variedades analizadas	98
33	Promedios del peso de 1000 granos de arroz moreno de las distintas muestras en las variedades analizadas	100
34	Promedios del % de cascarilla en las distintas variedades analizadas	102
35	Promedios de peso de 1000 granos de arroz blanco en las distintas muestras en las variedades analizadas	104
36	Promedios del % de salvado en las distintas variedades analizadas	105
37	Porcentaje de germen en arroz moreno en base al peso inicial de 50 granos de arroz desgerminado	107
38	Porcentaje de germen en arroz moreno en base al peso final de 50 granos de arroz desgerminado	108
39	Porcentaje de germen en arroz palay en base al peso inicial de 50 granos de arroz desgerminado	110
40	Porcentaje de germen en arroz palay en base al peso final de 50 granos de arroz desgerminados	111
41	Promedios del largo en las dimensiones del germen	115
42	Promedios del ancho en las dimensiones del germen	117
43	Significancia entre medias en el análisis de varianza para % de cascarilla	120
44	Significancia entre medias en el análisis de varianza para % de salvado	122

No.		página
45	Significancia entre medias en el análisis de varianza para % de germen en arroz moreno con respecto al peso final de 50 granos de arroz desgerminados	124
46	Significancia entre medias en el análisis de varianza para % de germen en arroz palay con respecto al peso final de 50 granos de arroz desgerminados	126
47	Significancia entre medias en el análisis de varianza para la longitud del germen de arroz	128
48	Significancia entre medias en el análisis de varianza para el ancho del germen de arroz	129
49	Pruebas DMSH para la comparación de medias donde se detectó diferencia significativa en el % de cascarilla	132
50	Pruebas DMSH para la comparación de medias donde se detectó diferencia significativa en el % de salvado	132
51	Pruebas DMSH para la comparación de medias donde se detectó diferencia significativa en el % de germen en arroz moreno ( con peso final )	134
52	Pruebas DMSH para la comparación de medias donde se detectó diferencia significativa en el % de germen en arroz palay ( con peso final )	134
53	Pruebas DMSH para la comparación de medias donde se detectó diferencia significativa en el largo del germen de arroz	136
54	Pruebas DMSH para la comparación de medias donde se detectó diferencia significativa en el ancho del germen de arroz	138
55	Comparación entre muestras provenientes de Centros de Investigación ( muestras puras ) y muestras obtenidas de molinos comerciales ( muestras comerciales ) en las variedades Navolato A-71 y Morelos A-70	140

		página
56	Balance de materia para la fracción RT-20 con tres secciones de la columna separadora	148
57	Cuadro de observaciones en la muestra de germen purificado, fracción RT-20 con 3 secciones	149
58	Balance de materia para la fracción RT-20 con cuatro secciones de la columna separadora	150
59	Cuadro de observaciones en la muestra de germen purificado, fracción RT-20 con 4 secciones	151
60	Balance de materia para la fracción RT-40 con tres secciones de la columna separadora	153
61	Cuadro de observaciones en la muestra de germen purificado, fracción RT-40 con 3 secciones	154
62	Balance de materia para la fracción RT-40 con cuatro secciones de la columna separadora	155
63	Cuadro de observaciones en la muestra de germen purificado, fracción RT-40 con 4 secciones	156

No.	FIGURAS	página
1	Estructura del grano de arroz	7
2	Diagrama general de elaboración de arroz	14
3	Descascarilladora de rodillos de goma	15
4	Remoción de salvado por abrasión	17
5	Remoción de salvado por fricción	17
6	Cono blanqueador abrasivo vertical	19
7	Blanqueadora horizontal por fricción	21
8	Estructura del germen de arroz (corte longitudinal)	29
9	Separador neumático de germen construido	69
10	Comportamiento simultáneo de la intensidad de corriente, flujo de aire y velocidad de rotación con distintas características del separador neumático con % TM de 20	90
11	Comportamiento simultáneo de la intensidad de corriente, flujo de aire y velocidad de rotación con distintas características del separador neumático con % TM de 40	92
12	Comportamiento simultáneo de la intensidad de corriente, flujo de aire y velocidad de rotación con distintas características del separador neumático con % TM de 60	93
13	Esquema del grano y germen de arroz, forma de tomar las dimensiones del germen	113

## RESUMEN

El arroz constituye el alimento básico de un tercio de la población mundial y su consumo ocupa el segundo lugar en la superficie cosechada, después del trigo, aunque en la actualidad su cultivo se ha extendido más que cualquier otro cereal (35).

El grano en el momento de la cosecha (arroz palay) es procesado para obtenerse el arroz blanco del comercio (70% en peso del grano original) y una serie de subproductos como son: cascarilla (16 a 21% en peso del grano), quebrados, salvado (6-11% en peso) y germen (1.5 - 2.5% en peso del grano original) ( 6 ).

El proceso de elaboración consta de varias etapas: limpieza, descascarillado, blanqueo y clasificación, fundamentalmente; eliminando las capas periféricas del grano con el objeto de mejorar el aspecto del grano y hacerlo comestible.

Los subproductos de la elaboración del arroz son desigualmente aprovechados, como en el caso de la cascarilla, que se emplea en la fabricación de plásticos, jabones, material aislante, etc., ( 7 ): los granos quebrados se utilizan como insumo en la fabricación de harinas, como fermento en la industria cervecera y en la obtención de otros productos utilizados tanto para consumo humano como animal ( 3 ).

Otro subproducto importante en la industria arrocera es

el salvado (obtenido en la operación de blanqueo) que es una mezcla de capas periféricas del grano, quebrados finos, algo de cascarilla y germen quebrado y entero (pueden encontrarse 15 componentes diferentes en salvados comerciales, entre ellas las partículas de material abrasivo de los conos de blanqueo) ( 6 ). Sólomente para el año de 1983, se obtubieron en México 50,000 Tons, de este subproducto (39). El salvado tiene un elevado valor nutritivo y una alta demanda en la fabricación de alimentos balanceados para ganado, usandose además en la extracción de fitina, de vitaminas y otros productos ( 1 ) (15).

El germen de arroz, se encuentra mezclado en el salvado comercial en una proporción aproximada de 9-12% obteniendose 1.5 Kg de germen por cada 100 Kg de arroz palay, o sea, de 1-2.5% del peso del grano entero ( 1 ); la importancia nutricional de éste, es mayor si se compara con el valor nutricional del salvado comercial, ya que es rico en proteínas y grasas pero bajo en fibras (27).

El germen puede tener una gran demanda como alimento naturalista ya que contiene azúcares ( glucosa y sacarosa ), gran cantidad de Aminoácidos esenciales (arginina, histidina, metionina, etc.) y no esenciales (ac. aspartico y glutámico entre otros); contiene ácido Ribonucleico, proteínas (albuminoglobulina, prolamina y glutelina) y minerales (fósforo, sodio y calcio) ( 8 ) ( 9 ) (26) .

Para la purificación del germen de arroz, en reportes

bibliográficos ( 6 ) (19) (21) (38) se recomienda un tamizado y una posterior separación neumática, pero en la práctica no se conoce ningún equipo específico.

En el presente trabajo, se pretende conocer algunos de los aspectos relacionados con el proceso de obtención del salvado comercial, a partir del cual, puede purificarse el germen, para esto se hace necesario tener el conocimiento de algunas propiedades físicas del germen como el % en peso con respecto al peso del grano original, las dimensiones del mismo, etc., en cuatro variedades provenientes de Centros de Investigación y dos de las mismas variedades de Molinos Comerciales, y la comparación entre muestras puras y comerciales es estas características físicas.

En cuanto a la purificación del germen a partir del salvado comercial, se pretende, establecer una metodología preliminar a seguir en el equipo construido para éste fin.

## INTRODUCCION

### 1- GENERALIDADES SOBRE EL ARROZ

#### 1.1- Botánica, Morfología y composición del grano de arroz.

El arroz (*Oriza sativa*; *Oriza* género y *sativa* en latín arroz) es una de las gramíneas "domesticadas" más antiguas y es originario de la faja de los monzones (Sudeste asiático, India, Indochina y parte de China) ( 1 ).

Es una planta anual más o menos pubescente de espigullas uniflorales blancas, con flores hermefroditas de 6 estambres y 2 estigmas (15).

El grano en el momento de la cosecha (arroz palay) está compuesto por diversas partes anatómicas de composición química muy diferente (como puede verse en el cuadro No. 1) y que también difieren en el porcentaje del peso correspondiente al peso original del grano.

Morfológicamente el grano de arroz está constituido de exterior a interior por:

a) cascarilla - formada por las glumas estériles (No. 1 fig. 1) y glumas florescentes llamadas lema y palea (No. 2 fig. 1). La cascarilla representa del 16-21% del grano original.

CUADRO No. 1

COMPOSICION DE LAS DIFERENTES ESTRUCTURAS DEL GRANO DE ARROZ

ESTRUCTURA	Componente (% s. s)					% del peso original del grano
	PROTEINA (N x 5.95)	GRASA	CENIZAS	FIBRA CRUDA	MELN **	
cascarilla * <sup>1</sup>	2'18- 4'84	0'38- 0'78	15'27-20'32	47'28-53'36	26'00-34'20	16-21 * <sup>3</sup>
salvado * <sup>1</sup>	12'92-16'76	14'40-16'94	8'65- 9'87	9'40-10'33	47'40-52'90	6-11 * <sup>3</sup>
germen * <sup>1</sup>	19'90-26'43	19'87-23'78	7'08-10'13	3'03- 4'84	39'80-49'20	1.5-2.5 * <sup>3</sup>
endospermo * <sup>2</sup>	6'50-13'30	0'30- 0'60	0'40- 0'70	0'10- 0'60	86'20-92'60	70 * <sup>3</sup>

\*\* Materia extractible libre de nitrógeno

Fuente: \*1 - Barber, Botey 1972. ( 7 )

\*2 - Houston 1972. (23)

\*3 - Trejo Et al 1980-83. (40)

b) salvado - constituido por el pericarpio, la cubierta de la semilla y la capa de aleurona. El pericarpio consta de 6 capas de células en donde se distinguen 3 zonas: exocarpio, mesocarpio y endocarpio; correspondiéndoles los números 3a, 3b y 3c respectivamente de la figura No. 1, que se diferencian por la disposición y el número de capas celulares en el grano. Como puede observarse en el cuadro No. 1, representa del 6-11% del peso del grano original.

La cubierta de la semilla es una vaina cuticular (No. 4 fig. 1) constituida por el tegmen y la testa.

La capa aleurónica (No. 5 fig. 1) no uniforme ni en número de capas ni en espesor.

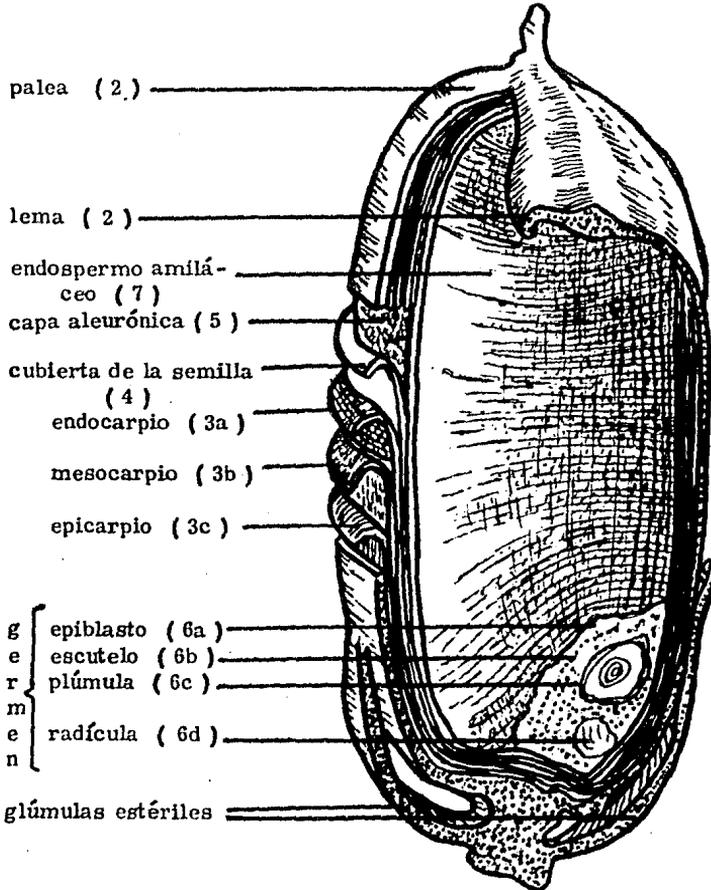
Lo anterior en conjunto es lo que se conoce como salvado de arroz.

c).germen - situado en la región ventral inferior del grano, está constituido por el epiblasto (6a fig. 1), escutelo (6b), plúmula (6c) y radícula (6d) principalmente. Correspondiendo el No. 6 en la figura No. 1. Representando de 1.5 a 2.5% en peso del grano original.

d) endospermo amiláceo - parte más interna del grano y es lo que constituye el arroz blanco. (28).

## FIGURA No. 1

## ESTRUCTURA DEL GRANO DE ARROZ



Fuente: Primo, Barber 1970. (27)

## 1.2 - Producción Internacional y Nacional de arroz palay.

El arroz constituye el alimento básico de un tercio de la población mundial y significa aproximadamente el 18% del total de los granos básicos. Su cultivo ocupa el segundo lugar en la superficie cosechada después del trigo. Su producción y cultivo a nivel mundial se centra preponderantemente en el continente asiático. (35)

Dentro de la producción nacional, el arroz apenas representa el 2.4% de la producción total de granos, el maíz ocupa el 55.4 el trigo el 13% y el sorgo el 21.8%. Pero en México su consumo es complementario y se concentra en familias de ingresos medios. Su consumo per capita es de 4.7 Kg/año, bajando su consumo notoriamente en el medio Rural. (40) (35)

Como puede observarse en el cuadro No. 2, la producción del año 1981 fue superior en comparación con los otros años presentados en el cuadro, por lo consiguiente, para el año 1982, en donde decayó la producción, fue necesario realizar compras al exterior para cubrir la demanda de este producto.

En 1983, la producción fue menor que en los años 81 y 82, pero superior a la del año 1980.

La importancia del arroz radica fundamentalmente en el

CUADRO No . 2

SUPERFICIE COSECHADA , PRODUCCION Y RENDIMIENTO DE ARROZ PALAY EN LA  
REPUBLICA MEXICANA DE 1980- 1983

AÑO	SUPERFICIE COSECHADA (Has)	PRODUCCION (Tons)	RENDIMIENTO MEDIO (Has/Kg)
1980	119'8	420'000	3'505
1981	171'0	605'081	3'538
1982	195'3	555'800	2'845
1983	161'0	453'900	2'810

Fuente: Escenarios Económicos 1981. (35)

SARH 1980-83, (33)

amplio rango de adaptabilidad que tiene ( según la variedad ) en las diferentes condiciones climatológicas de México que permite cultivarse en 17 entidades federativas, ya sea en siembra directa o por transplante en sistemas de riego y/o temporal.

Como puede deducirse del cuadro No. 3 referente a la producción por estados de los últimos dos años, las principales entidades productoras en orden de importancia son: Sinaloa, estado cuya producción total es por el sistema de riego; Campeche y Veracruz, que -- combinan el sistema de riego y temporal, pero pueden considerarse -- como estados productores bajo el sistema de temporal.

CUADRO No. 3  
 PRODUCCION NACIONAL POR ESTADOS EN  
 RIEGO Y TEMPORAL PARA LOS AÑOS 1982 Y 1983

ENTIDAD	1982		1983	
	RIEGO	TEMPORAL	RIEGO	TEMPORAL
SINALOA	232'070	-	161'577	-
NAYARIT	16'694	3'439	4'300	5'292
TAMAULIPAS	8'204	-	1'060	-
SN. LUIS POTISI	418	-	2'229	-
JALISCO	12'682	1'871	4'710	105
COLIMA	15'568	-	12'004	-
MICHOACAN	25'640	354	13'725	-
EDO. DE MEX.	1'155	-	549	-
PUEBLA	2'160	-	2'550	-
MORELOS	30'283	-	26'949	-
VERACRUZ	18'177	45'508	6'084	24'748
GUERRERO	4'687	551	4'055	453
OAXACA	3'602	1'916	-	2'824
CHIAPAS	-	6'230	-	7'369
TABASCO	-	22'502	-	39'821
Q. ROO	-	25'960	-	31'856
CAMPECHE	1'736	71'408	1'632	99'945
TOTAL	373'064	179'739	241'424	212'413

Fuente: SARH 1982-83. (32)

1.3 - Características de la Industria arrocera  
en México. (39).

12

El total de molinos en la República mexicana para el año de 1983 fué de 65 molinos, de los cuales 30 trabajaron con 6 ton/hr, 18 con 4 ton/hr; 11 con 2 y 6 con 8 ton/hr.

Las instalaciones industriales se ubicaron principalmente en los estados de Sinaloa, Veracruz y Morelos; que juntos totalizaron 36 molinos de los 65 en operación para éste año.

En Sinaloa se encontraron 22 beneficios, que para 1983, trabajaron a un nivel de utilización más alto que los del resto del país, debido principalmente a la elevada disponibilidad de materia prima. En Veracruz existían 9 molinos ubicados principalmente en la ciudad de Cordoba. Actualmente, en Morelos, operan 5 molinos acaparando 2 de ellos la producción del estado.

En México se cultivan unas 12 variedades de arroz, y las principales son: Navolato A-71, Morelos A-70, Milagro filipino, Sinaloa A-68, y las variedades CICA números 4, 6 y 9. Entre las características que las diferencian están: altura de la paja, días de madurez, forma y tamaño del grano, rendimiento y calidad molinera, entre otras.

La variedad Navolato A71 representa el 70% de la producción nacional, el 30% lo constituyen las variedades restantes.

#### 1.4 - Elaboración industrial del arroz.

En el proceso de elaboración -mediante el cual se obtiene el arroz blanco del comercio y una serie de subproductos como la cascarilla, el arroz blanco quebrado (puntilla, medio grano) y el salvado, dentro del cual se encuentra el germen- tiene como objetivo el mejoramiento del aspecto y la comestibilidad del mismo grano de arroz.

El proceso de elaboración consta de las etapas que pueden verse en la figura No. 2 y que a continuación se explican:

**LIMPIEZA**- Comprende la separación de impurezas (piedras, polvos, partículas metálicas, semillas extrañas, pajas, etc.) que se lleva a cabo mediante aspiradores de polvos, separadores magnéticos o por cribado. (27)

**DESCASCARILLADO**- Es la eliminación de la cubierta exterior o cascarilla del arroz palay. El descascarillado puede realizarse principalmente por dos equipos:

- a) descascarilladora de discos- la separación de la cascarilla se lleva a cabo por la acción abrasiva de los discos paralelos de esmeril. Actualmente en desuso en nuestro país.
- b) descascarilladora de rodillos- la separación de la cascarilla es por la fricción del grano entre dos rodillos de goma. (fig. 3)

En México el descascarillado ha demostrado eficiencias

FIGURA No . 2

DIAGRAMA GENERAL DE ELABORACION DE ARROZ

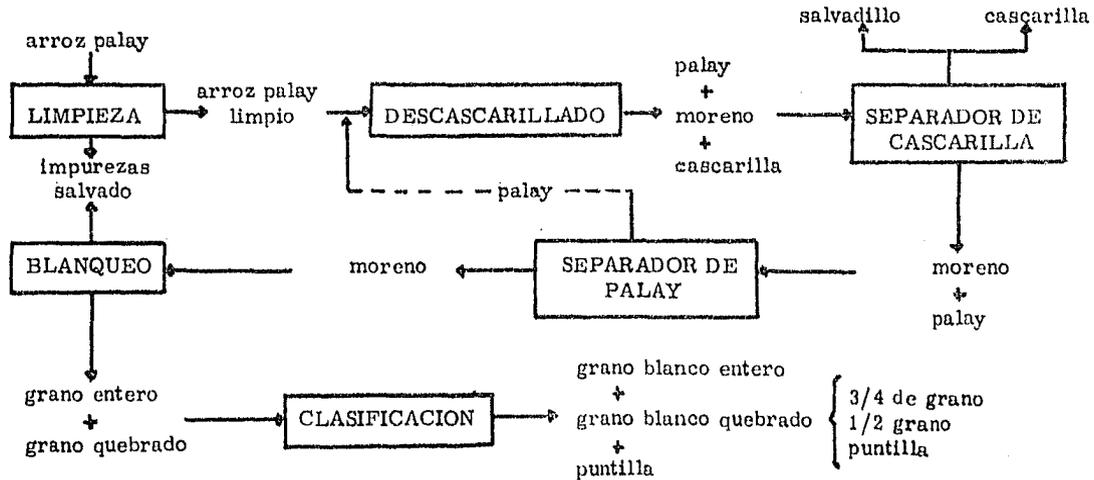
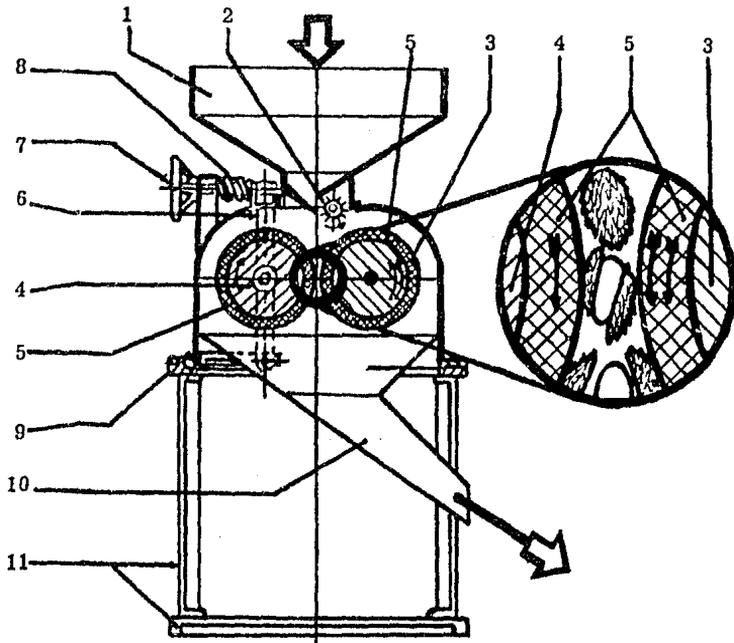


FIGURA No . 3

## DESCASCARILLADORA DE RODILLOS DE GOMA



- 1 - tolva de alimentación
- 2 - tornillo de alimentación
- 3 - rodillo rápido
- 4 - rodillo lento
- 5 - superficie de goma
- 6 - brazo del eje del rodillo

- 7 - válvula de ajuste de rodillos
- 8 - resorte de tensión del rodillo
- 9 - alojamiento del descascarador
- 10 - salida de la cáscara y arroz descascarado
- 11 - marco y base de la máquina

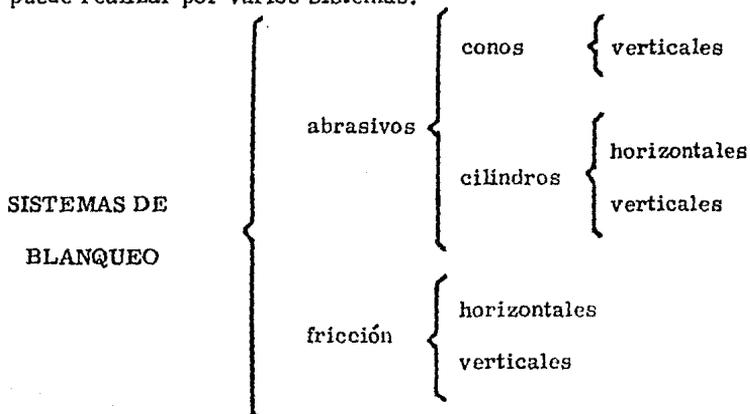
Fuente: Escuela de Agricultura de la Universidad de Filipinas 1979. (14)

promedio de 85%, y se usan principalmente las descascarilladoras de rodillos. (39)

**SEPARADOR DE CASCARILLA**- La mezcla de la salida de la descascarilladora (constituida por palay, cascarilla, arroz moreno entero y moreno quebrado) es separada; ya sea por separadores centrífugos, ciclones separadores o cribas vibratorias. (14)

**SEPARADOR DE PALAY**- Conocidos como, "mesas paddy", y son mesas densimétricas cuya función es separar el arroz palay que va mezclado con el arroz descascarillado o moreno.

**BLANQUEO**- Es el paso más importante y consiste en la eliminación del salvado (pericarpio, tegmen, capa de aleurona y germen); y se puede realizar por varios sistemas:



- a) Blanqueo por abrasión- el salvado del grano es removido por el contacto entre la superficie abrasiva y la superficie del grano.

(fig. No. 4)

FIGURA No. 4

## REMOCION DE SALVADO POR ABRASION

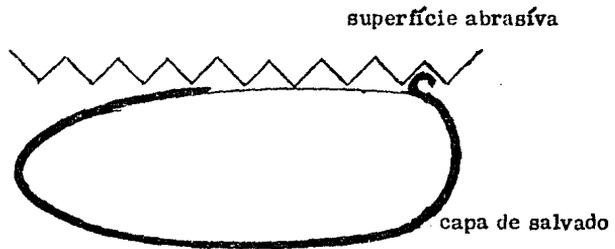
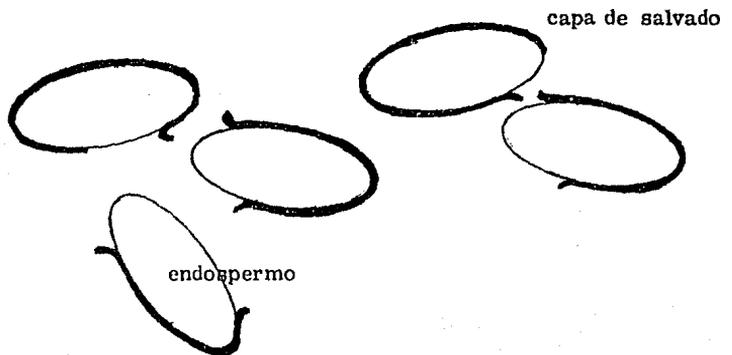


FIGURA No. 5

## REMOCION DE SALVADO POR FRICCION



Un ejemplo de este tipo de sistemas de blanqueo lo son los conos blanqueadores, en donde el arroz moreno es blanqueado cuando pasa entre un cono abrasivo (No. 4 fig. 6) y una tela de alambre o cilindro perforado (No. 6 fig. 6). La acción abrasiva es en forma de navaja que corta y remueve los pedazos de salvado en fracciones pequeñas. (4)

Los cilindros abrasivos -en donde el fundamento de la acción abrasiva es similar al de los conos blanqueadores- pueden ajustar la presión sobre el arroz con mayor precisión que los conos, disminuyendose el % de quebrados. (15)

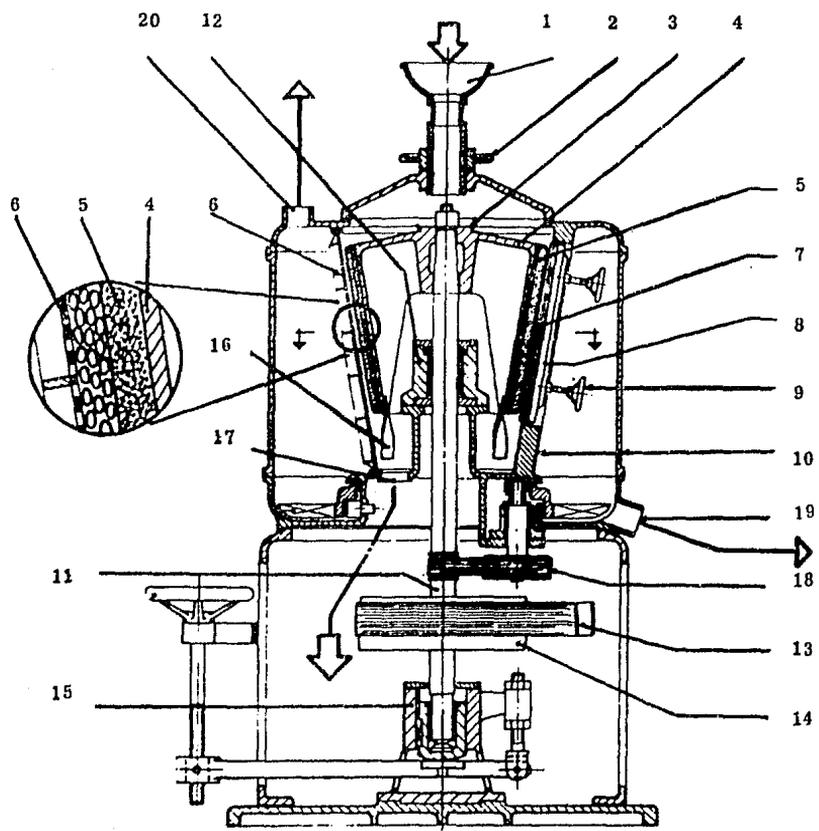
b) Blanqueo por fricción- El desprendimiento del salvado se debe al roce de grano contra grano ejercido por una leve presión de los mismos. (fig. 6)

Una blanqueadora por fricción se compone esencialmente de un rodillo de acero provisto de "estrías" de fricción (No. 5 fig. 7) que gira dentro de una criba hexagonal de lámina perforada (No. 7 fig. 7) por donde sale el salvado. (4)

El blanqueo por lo general es en varios pasos (de 3 a 5), en México se utilizan regularmente 4 pasos. (39)

CLASIFICACION- Es la operación final, se hace a la salida de las blanqueadoras, ya que se tiene una mezcla de grano blanco entero y quebrado. Puede llevarse a cabo por cribado o por discos y/o cilindros de chapa alveolada.

FIGURA No. 6  
CONO BLANQUEADOR ABRASIVO VERTICAL



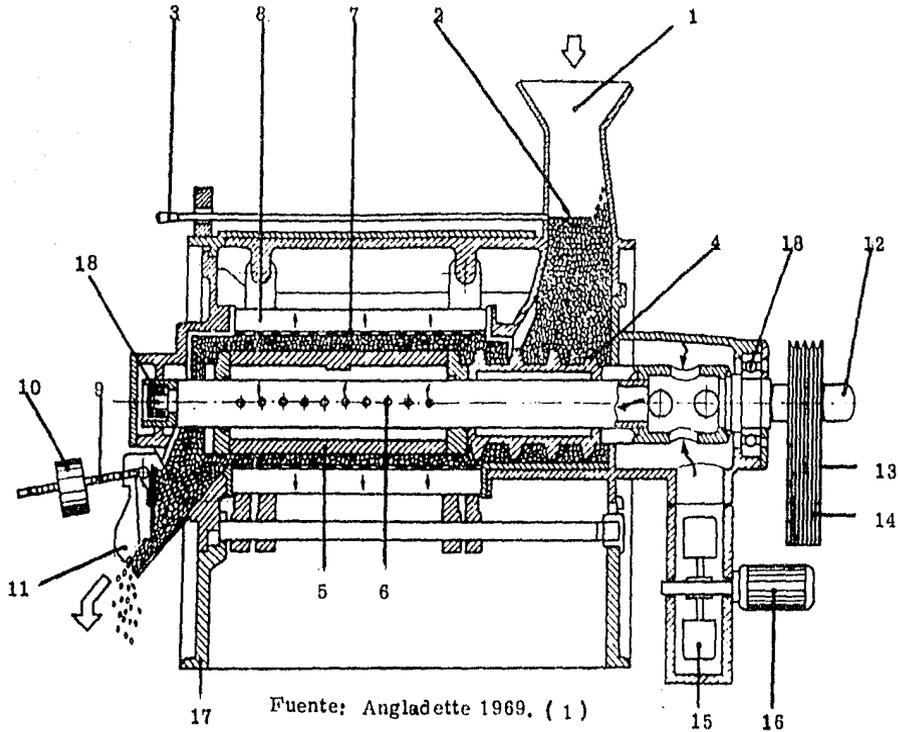
Fuente: Escuela de Agricultura de la  
Universidad de Filipinas 1979. (14)

## FIGURA No. 5

## CONO BLANQUEADOR ABRASIVO VERTICAL

- 1- Tolva de alimentación
- 2- Manija reguladora de alimentación
- 3- Nivel de ajuste del cono rotativo
- 4- Cono de hierro
- 5- Cara abrasiva del cono
- 6- Caja rejilla cónica de segmentos independientes
- 7- Freno de caucho
- 8- Armadura del freno de caucho
- 9- Manija de ajuste del freno de caucho
- 10- Cubierta del cono rotatorio
- 11- Eje del cono
- 12- Cojinete superior
- 13- Correa de mando
- 14- Polea de mando
- 15- Cojinete inferior
- 16- Transportador del arroz blanqueado
- 17- Salida del arroz blanco
- 18- Polea de mando de la transportadora de salvado
- 19- Salida del salvado
- 20- Salida del aire

FIGURA No . 7



Fuente: Angladette 1969. ( 1 )

BLANQUEADORA HORIZONTAL POR FRICCIÓN

## FIGURA No . 7

## BLANQUEADORA HORIZONTAL POR FRICCIÓN

- 1- Tolva de alimentación
- 2- Compuerta de alimentación
- 3- Mango para regular la compuerta
- 4- Rodillo de hierro roscado
- 5- Rodillo de acero provisto de acanaladuras de fricción
- 6- Orificios para el aire en el eje hueco
- 7- Criba hexagonal en lámina perforada
- 8- Armazón de la criba hexagonal
- 9- Palanca del contrapeso de la compuerta de descarga
- 10- Contrapeso
- 11- Salida del arroz
- 12- Eje hueco
- 13- Polea motriz
- 14- Correa de transmisión
- 15- Ventilador impelente
- 16- Motor del ventilador impelente
- 17- Bastidor de la máquina
- 18- Cojinetes del eje
- 19- Orificios para el aire del rodillo de acero
- 20- Salida del salvado

## 2 - SUBPRODUCTOS DEL ARROZ

### 2.1 - Utilización de algunos subproductos del arroz.

Los subproductos de la elaboración del arroz no son igualmente aprovechados, como en el caso de la cascarilla, que presenta problemas tanto para el almacenamiento, como para el transporte por ocupar un gran volumen, no tiene una demanda fija como alimento para ganado -que es posiblemente donde es más utilizado-.

Se ha estudiado la factibilidad de utilización de este subproducto en la fabricación de plásticos, jabones, detergentes, abono y - como material aislante, etc. (15).

Los granos quebrados ( que constituyen el 8% del arroz blanco aproximadamente ) se utilizan como insumo en la fabricación de harina de arroz, fermento en la industria cervecera, en la obtención - de almidón, en la alimentación humana y animal; por lo que este subproducto tiene una gran demanda en comparación con la cascarilla.

## 2.2 - Salvado de arroz.

Otro subproducto importante en la industria arroceras es el salvado -obtenido de las blanqueadoras - que es una mezcla de las - capas periféricas del grano (mezcla de pericarpio, tegmen, capa aleurónica, germen, quebrados finos, algo de cascarilla y en algunos casos, se han encontrado 15 componentes diferentes de partículas en salvados comerciales -como las partículas abrasivas de los conos de blanqueo-) ( 3 )

El salvado tiene alto valor nutritivo y una demanda alta para la fabricación de alimentos balanceados para ganado, como puede observarse en el cuadro No. 4 correspondiente a las propiedades nutritivas del salvado de arroz.

### 2.2.1 - Usos del salvado de arroz.

El salvado proporciona un aceite comestible que por refinación y decoloración da un producto limpio, ligeramente coloreado y de excelente sabor; se utiliza además en la extracción de fitina y vitaminas; como salvado desengrasado, alcanza precios elevados -ya que eleva su valor nutritivo puesto que aumenta proporcionalmente el contenido de proteínas y de carbohidratos-( 6 ).

Es recomendable la estabilización del salvado de arroz, ya que por un tratamiento hidrotérmico de tipo alta temperatura en tiempo

corto y con un posterior secado rápido ( 6 ), se elimina la producción de micotoxinas -por reducirse drásticamente la flora microbiana -; se disminuye la actividad del inhibidor de tripsina y la actividad hemaglutinante -en salvados comerciales, ya que estos factores se encuentran en el germen - ( 5 ) (10) y lo más importante; se disminuye casi por completo la actividad de las lipoxidasas y peroxidasas que provocan la rancidez de este subproducto (37).

Por la estabilización del salvado, no se afecta el valor biológico de las proteínas, pero si se aumenta la vida de anaquel y se facilita la extracción de proteínas y vitaminas. ( 8 ).

CUADRO No . 4  
 PROPIEDADES NUTRITIVAS DEL SALVADO DE ARROZ  
 COMERCIAL

1- Digestibilidad de los constituyentes del salvado de arroz				
Proteína		60.2		
Grasa		79.5		
Fibra cruda		31.2		
MELN (*1)		62.5		
Materia orgánica		59.2		
2- Contenido calórico				
		calorias/100 gramos		
Salvado		265.0		
Arroz moreno		360.0		
Arroz blanco		363.0		
3- Valor Biológico de las proteínas (*2)				
		computo químico	A. A. limitante	
Salvado		70	lisina	
Huevo		100	-	
4- Energía Disponible (*3)				
		salvado de arroz		maíz
ganado		E. D.	E. M.	E. D. E. M.
Vacuno		2,468	2,170	3,569 2,927
Ovino		3,210	2,632	3,841 3,150
Cerda		3,256	3,028	3,569 3,351

\*1- MELN- materia extractible libre de nitrógeno.

( conocido como ELM extracto libre de nitrógeno).

\*2- Evaluado por su composición de A. A. en "Cómputo Químico" que es la pauta de referencia de aminoácidos esenciales según FAO. Calculado como el % del contenido de A. A. esenciales en la proteína, sobre el correspondiente al mismo en la proteína de referencia.

\*3- E. D. - Energía Disponible y E. M. - Energía Metabolizable.

Fuente: 1, 3 y 4- Tortosa, Benedito 1977. (38)

2- Saunders, Bestchart 1977. (31)

El germen es la parte de la semilla de la cual se forma la planta, situado en la concavidad de la región ventral inferior del grano, por donde se adhiere a la espiga.

El germen se encuentra mezclado en el salvado comercial con una proporción aproximada de 9-12%, pudiendose obtener 1,5 Kg de germen por cada 100 Kg de arroz palay, o sea, de 1-2,5% del peso del grano entero. ( 9 ) Es fácilmente reconocible entre los fragmentos del salvado ya que tiene forma lenticular, con arista o cresta longitudinal en su parte externa. ( 6 )

### 3.1 - Partes principales del germen

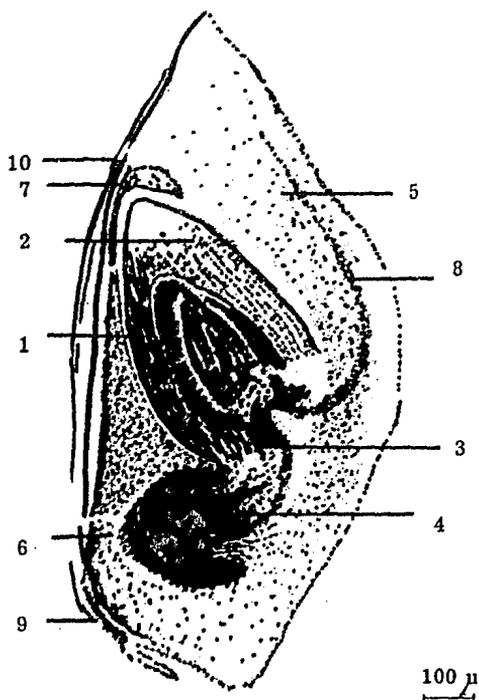
El germen de arroz, a semejanza del de otros cereales, consta de un eje embrionario y de diversos tejidos que lo rodean. La parte exterior del germen está recubierta por distintas capas de celulas, comunes al resto del grano; mientras que en su parte interior - está separado del endospermo por una capa de células aplastadas. ( 1 )

(15)

a) EJE EMBRIONARIO- Es la parte del germen que se desarrolla - durante la germinación, dando lugar a la nueva planta. Está situado en la parte central del germen. Representa el 20% en peso del germen. Consta de las siguientes partes:

- 1) plúmula, puede observarse en la figura No. 8 con el número 1, contiene los primordios foliares que en la mayoría de los géneros de arroz, se presenta en número de 2 y en algunos casos de 3. Sus capas celulares están bien diferenciadas: una capa de células epidermicas - células que forman los primordios- y - células que forman los haces conductores. (26) Representa el 0.36% en peso del arroz palay. (23)
- 2) coleóptilo, cubre la plúmula, tiene un poro por el cual sale la - primera hoja, posee de 9 a 12 capas de células (No. 2 fig. 8). Se puede considerar como una hoja joven modificada o como el cotiledón, o bien, que forma parte de éste en unión con el escudo. Durante los primeros días que siguen a la germinación, se desarrolla junto con la plúmula pero después se reabsorbe (9)
- 3) hipocótilo, (No. 3 fig. 8) es el tallo primario que une la plúmula con la radícula, constituido por haces provasculares compuestos de células grandes. (27)
- 4) radícula, raíz embrionaria que da lugar a la raíz de la planta. Presenta una estructura muy diferenciada en la que se distinguen capas concéntricas constituidas por la cutícula, la epidermis, la exodermis, el crotex, endodermis, periciclo y el cilindro vascular (No. 4 de fig. 8, en donde solamente se muestra la radícula sin las capas que forman ésta).

## FIGURA No . 8

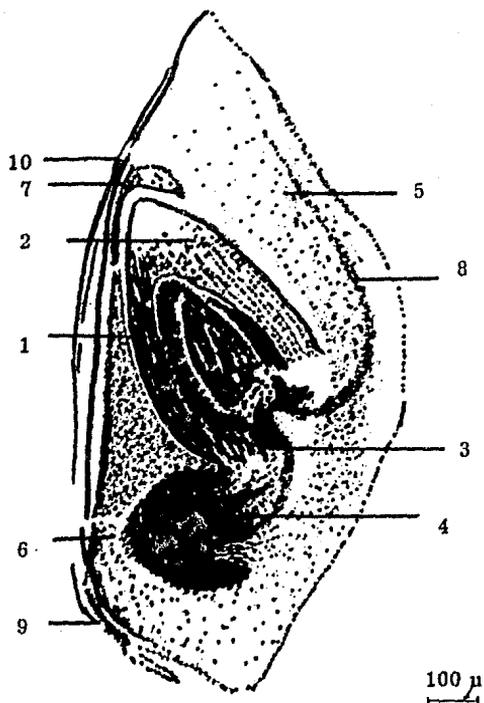
ESTRUCTURA DEL GERMEN DE ARROZ  
(corte longitudinal del germen)

- 1- plúmula
- 2- coleóptilo
- 3- hipocótilo
- 4- radícula
- 5- escutelo

- 6- coleorriza
- 7- epiblasto
- 8- haz provascular del escutelo
- 9- pericarpio y tegmen
- 10- aleurona

Fuente: Pineda 1963 (26).

## FIGURA No . 8

ESTRUCTURA DEL GERMEN DE ARROZ  
(corte longitudinal del germen)

1 - plúmula  
2 - coleóptilo  
3 - hipocótilo  
4 - radícula  
5 - escutelo

6 - coleoriza  
7 - epiblasto  
8 - haz provascular del escutelo  
9 - pericarpio y tegmen  
10 - aleurona

Fuente: Pineda 1963 (26).

Representa el 0.18% del peso del arroz moreno. (27)

La radícula está recubierta por la calípra (No. 5 fig. 8) constituida por células de formas y tamaños diversos, con paredes gruesas. (26) (9)

b) TEJIDOS QUE RODEAN AL EJE EMBRIONARIO- Se distinguen 3 zonas no separadas nítidamente, pero diferenciadas por el tamaño de las células.

- 1) escutelo, durante la germinación actúa como órgano absorbente y conductor de materias nutritivas desde el endospermo hasta el eje embrionario. (9) Es la mayor porción del germen (52.1% en peso del germen y 1.18% en peso del arroz moreno), su cara interior está en contacto con el endospermo y la exterior rodeada -aunque no adherida en toda su longitud- por la capa aleurónica. (No. 5 fig. 8)

El escutelo se une con la coleoriza en la parte inferior de la radícula y con el epiblasto en la parte superior externa del coleóptilo. (26)

- 2) coleoriza, es el tejido protector de la radícula a la cual envuelve; sin embargo, pueden encontrarse huecos entre ambas (No. 6, fig. 8). Representa el 0.18% en peso del arroz moreno y el 8.33% en peso del germen. La coleoriza se reabsorbe rápidamente después de iniciada la germinación.

Se une con el escutelo en la parte inferior y posterior del germen y con el epiblasto a la altura de la parte inferior, externa de la plúmula.

Las células de la coleorriza y del epiblasto son de tamaño similar; sin embargo, las del escutelo son mayores. (26)

3) epiblasto, tiene poca importancia morfológica, y es considerado como una hoja joven modificada (No. 7 fig. 8) . Representa el 11.25% en peso del germen y el 0.26% del arroz moreno. Es una pequeña proyección cónica fusionada al escutelo del cual es parte integral, es una cubierta protectora de la plúmula, a la cual envuelve exterior y lateralmente sin estar en contacto con ella. (9)

**c) ESPACIOS VACIOS DENTRO DEL GERMEN**- hay varios espacios vacíos y estos varían en su tamaño de unos gérmenes a otros. Se encuentran localizados en:

- 1) entre plúmula y coleóptilo
- 2) entre coleóptilo y la coleorriza, epiblasto y escutelo
- 3) entre la capa de aleurona y coleorriza y epiblasto
- 4) entre la radícula y la coleorriza. (26)

**d) SISTEMA CONDUCTOR**- el sistema conductor del germen está - constituido por el haz provascular que se extiende, por el hipocótilo, desde la radícula hasta la base de la plúmula. Aquí se divide en 2 zo-

nas cuya parte de unión se denomina "nudo cotiledonario". Una de las ramas constituye el haz provascular del escutelo (No. 8 fig. 8), mientras que la otra se introduce en la plúmula donde se ramifica para dar lugar a los haces provasculares del coleóptilo y de las hojas primarias (9).

c) CUBIERTAS DEL GERMEN- Como se recordará, estas capas re cubren todo el grano (17).

- 1) Capa de aleurona, constituida por una sóla capa de células que es tán profundamente modificadas en la zona del germen. Sus células están mucho más aplastadas que en la zona correspondiente al en dospermo, principalmente en las proximidades de la plúmula.
- 2) Tegmen, membrana semipermeable que controla la clase y canti dad de moléculas que pueden atravesarla. Aparece como una vai na continúa sin observarse paredes celulares; es más delgado en la zona del germen que en la zona del endospermo (No. 9 fig. 8).
- 3) Pericarpio, cubierta del fruto, aparece en la zona del germen co mo una masa de células indiferenciadas, carentes de protoplasma, en la zona de la coleorriza forma un pliegue o cresta, aumentando el espesor del pericarpio. Sólo en muy pocos gérmenes observa dos puede distinguirse algunas diferencias celulares.

Entre el tégmen y el pericarpio existen huecos en algunas zonas del germen.

- 4) Células aplastadas, las células aplastadas son células del endos-

permo contiguas al germen, que se han degradado en la maduración de la semilla, perdiendo su contenido celular. Al separar manualmente el germen del resto del grano, dicha capa queda adherida al germen ( 3 ).

De todas las partes de la cariósida, probablemente es la más rica en diversidad de componentes químicos. Su complejidad anatómica y sobre todo, su función vital lo justifican.

**CELULOSA, HEMICELULOSA, PECTINAS Y LIGNINA-**

En las paredes celulares del germen, las hemicelulosas se encuentran en cantidades apreciables y la celulosa en mayor proporción; no se han detectado ni sustancias pécticas ni lignina.

**GLUCOSA Y SACAROSA-** Análisis químicos del escutelo separado por disección indican que se encuentra en esta zona.

**ALMIDON-** Las células del germen carecen de almidón, no obstante, la presencia de gránulos de almidón se han encontrado en los cotiledones (escutelo, epiblasto y coleóptilo), caliptra y crotex de la radícula; los del escutelo son los de mayor tamaño, pero menores a los del endospermo.

**PROTEINA-** Gran parte de la proteína del germen, se localiza en el protoplasma de las células epiteliales y del escutelo, en forma de gránulos (0.5-2 micras). En el núcleo de las células del germen y en protoplasma del eje embrionario, la proteína está en forma dispersa.

Los núcleos tienen más cantidad que el citoplasma, el ci-

toplasma de la plúmula menos que el coleóptilo y radícula; las células de los haces provasculares no contienen gránulos de proteína.

**LIPIDOS-** En las superficies de las paredes celulares - del epitelio y endotelio del germen se halla una cutícula grasa, probablemente suberina, también hay suberina incrustada en la pared primaria de las células de la endodermis, en la radícula; pero los estudios sobre la distribución de lípidos en germen de arroz, sólo hacen referencia a los diminutos gránulos de grasa (Ø. 4-3 micras) que hay dentro del protoplasma, abundantes en el coleóptilo y más numerosas y de mayor tamaño en el escutelo que en la coleorriza y epiblasto.

**MINERALES-** Se encuentran distribuidos por todo el germen, principalmente en citoplasma y más abundantemente en las células de la plúmula, radícula y capa más externa del escutelo.

La composición química del grano de arroz consta, por orden cuantitativo decreciente de: almidón, proteínas, grasas, fibra y cenizas, pero la concentración no es homogénea, como puede observarse en el cuadro No. 5.

Si se compara el arroz blanco del comercio con el salvado y el germen, observamos que el germen en general, es más rico en proteínas, grasa y cenizas que el salvado, pero éste, a su vez, es más rico que el arroz elaborado.

La molienda, o el proceso de elaboración ocasiona cambios drásticos en la composición química y determina, por lo tanto, la cantidad de nutrientes del arroz residual. Esta composición química, y la distribución de los constituyentes químicos en la cariósida, determina, en gran parte, las propiedades del grano para la cocción y los procesos industriales, así como su valor nutritivo y comestibilidad. ( 7 )  
(28)

La importancia nutritiva del germen es mayor si se compara con el valor nutritivo del salvado; es rico en proteínas y grasas, pero bajo en fibras con respecto al salvado comercial.

El cuadro No. 6 nos indica que de un total de 18 aminoácidos presentados, el germen supera al salvado en 12, pero, lo más impor

CUADRO No . 5

COMPOSICION QUIMICA GENERAL DEL GRANO DE ARROZ ( % B. S. #)

Parte del grano	Proteína (N x 5.95)	Grasa	Fibra cruda	Cenizas	MELN **
palay	7.43-10.28	2.11 - 2.40	8.84 - 9.64	3.35 - 5.53	68.8-77.20
moreno	9.73-12.12	2.45 - 4.83	1.15 - 3.54	1.66 - 4.00	73.21-75.67
blanco	8.61-11.00	0.49 - 2.82	0.33 - 2.74	0.55 - 2.91	78.21-80.40
salvado	12.92-16.76	14.48-16.94	9.40-10.33	8.65 - 9.87	47.40-52.90
germen	19.19-26.43	19.87-23.78	3.03 - 4.84	7.08-10.13	39.80-49.20

\* % en Base seca

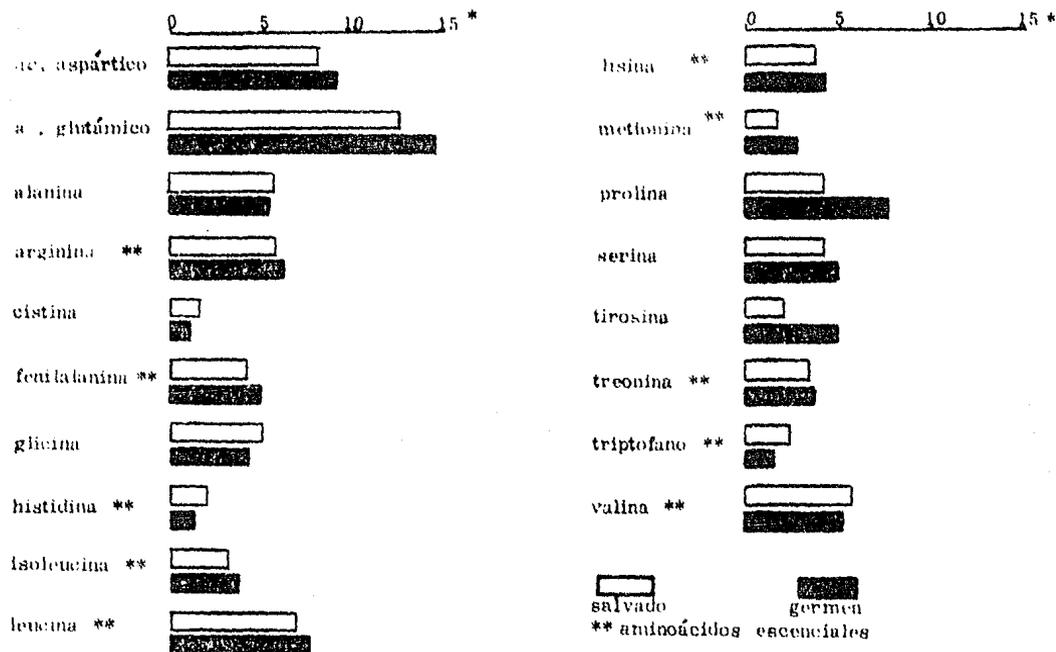
\*\* Materia extractible libre de Nitrógeno

Fuente: Barber 1972. ( 7 )

Trejo, et al 1980-83, (39)

CUADRO No. 6

COMPOSICION DE AMINOACIDOS DE LAS PROTEINAS DEL  
SALVADO Y GERMEN  
( gr de A.A. 16 gr N) \*



Fuente: Barber, Botey 1972. (7)

tante, es que el germen es más rico en aminoácidos esenciales como: Arginina (6.28 de germen y 5.88 del salvado), Leucina (7.70 gr de A. A. /16 gr de N, contra 6.94 del salvado), Lisina (4.27 contra 3.84); Metionina (2.88 contra 1.73) y Treonina (3.5 contra 3.26); en lo que respecta a los otros A. A. esenciales, los valores no son muy inferiores (Histidina 1.48 del germen contra 2.22 del salvado, Triptofano - 1.47 y 2.47; y Valina de 5.26 y 5.34 del salvado).

Los ácidos grasos de los lípidos del germen superan a los del salvado en ácido palmítico (22.88 de germen contra 12.6-20.5 del salvado de arroz) como se demuestra en el cuadro No. 7.

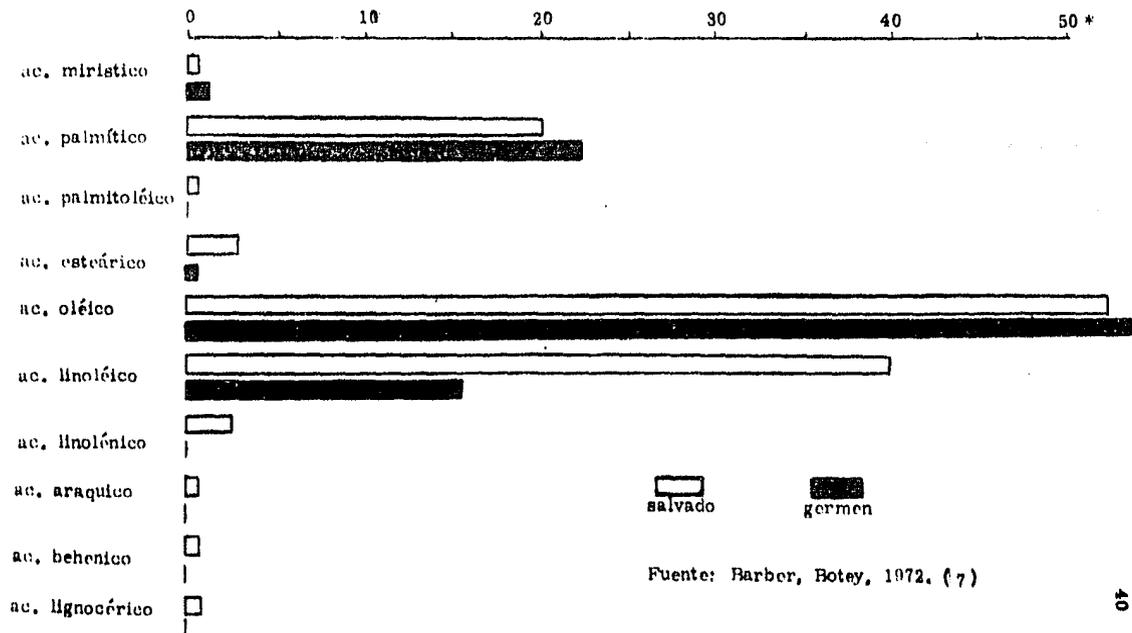
El germen es rico en ácido oléico (60.11 g/100 gr de ácidos grasos totales), pero sólo hay trazas de linoléico.

Hay que recordar la presencia de lipasas, lipoxidasas y peroxidasas que provocan la rancidez y traen consecuencias en el valor nutritivo del germen y del salvado. (Las grasas sufren hidrólisis y oxidación, y ya que destruyen no sólo ácidos grasos, sino también pueden destruir proteínas y vitaminas liposolubles).

Tanto en germen, como en salvado, el fósforo es el constituyente mineral más abundante (20'0 de germen y 21.4 mg/gr de sustancia seca), pero se sabe que el 90% de este fósforo es fitínico. El contenido en calcio es bajo al igual que el de hierro y zinc. (Ver cuadro No. 8 que contiene los constituyentes minerales, tanto de germen, como los

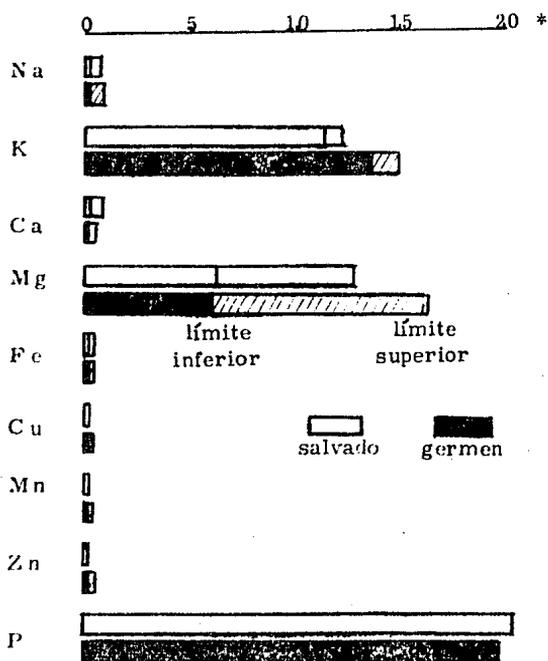
CUADRO No . 7

COMPOSICION DE ACIDOS GRASOS DE LOS LIPIDOS DE SALVADO Y GERMEN  
(g / 100 g de ac. totales) \*



Fuente: Barber, Botey, 1972. (7)

CUADRO No . 8  
 CONTENIDO DE ELEMENTOS MINERALES  
 DE LAS CENIZAS DE SALVADO Y GERMEN  
 ( mg / gr s. s. ) \*



Fuente: Primo, et al 1970. (28)

de salvado).

42

El salvado y el germen son una fuente excelente de vitaminas del grupo B y E, conteniendo muy poca vitamina A y careciendo de vitaminas C y D.

El cuadro No. 9 nos muestra datos del contenido de vitaminas presentes en salvado y germen, y como puede notarse, tienen grandes cantidades de Inositol y Colina. En algunas vitaminas, el germen supera en su contenido al salvado: en Tiamina, Riboflavina, Ac. Pantoténico y Ac. Fólico.

CUADRO No . 9

CONTENIDO DE VITAMINAS DE SALVADO Y GERMEN

( mg / Kg s. s. )

VITAMINA	SALVADO	GERMEN
Tiamina	24'00	65'00
Riboflavina	2'00	5'00
Niacina	338'00	33'00
Biotina	0'60	0'58
Piridoxina	25'00	16'00
Ac. Pantoténico	27'70	30'00
Ac. Fólico	1'46	4'30
Ac. p-aminobenzoico	0'75	1'00
Inositol	4.627	3.725
Collina	1.700	3.000

Fuente: Barber, Botey, 1972. (7)

#### 8.4 - Propiedades físicas del germen. ( 4 )

En bibliografía sólomente se encontraron dos de las propiedades físicas del germen de arroz, pero se reportan muchos datos del salvado como son: conductividad y difusividad térmicas, ángulo de reposo, humedad en equilibrio, etc.

Como podrá observarse en el cuadro No. 10, la densidad a granel del germen purificado es de 0.51 gr/cm<sup>3</sup> y la del salvado comercial varía de 0.2 a 0.4 gr/cm<sup>3</sup>. La del germen sin purificar aumenta a aproximadamente 0.9 gr/cm<sup>3</sup>.

La distribución del tamaño de partícula en germen comercial comprende un amplio rango de tamaños, dependiendo del tipo de germen que se trate ( comercial o purificado ) y de la variedad de donde proviene. ( Ver cuadro No. 11). En salvado, la distribución del tamaño de partícula varía, dependiendo del tipo de blanqueadora utilizada, la capa a separar en el blanqueo, etc.

CUADRO No . 10

## DENSIDAD A GRANEL DEL GERMEN

Germen comercial purificado	0.51 gr/cm <sup>3</sup>
Germen comercial no purificado	0.83 gr/cm <sup>3</sup>

Fuente: Barber 1972 (4)

CUADRO No . 11

DISTRIBUCION DEL TAMAÑO DE PARTICULA DE  
GERMEN DE ARROZ

germen comercial		germen purificado			
tamaño (μ)	%peso	germen de eje largo		germen de eje corto	
		tamaño (mm)	%peso	tamaño (mm)	%peso
149	0.0	1.65	9	0.90	9
149 - 420	0.3	1.65 - 1.80	32	0.90 - 1.05	34
420 - 595	0.6	1.80 - 1.95	35	1.05 - 1.20	48
595 - 840	23.6	1.95 - 2.10	10	1.20 - 1.35	8
840	75.5	2.10 - 2.25	14	1.35 - 1.50	1

Fuente: Barber 1972 (4)

### 3.5 - Usos del germen

En general, el germen de arroz es consumido como uno de los constituyentes del salvado, dándole los usos antes mencionados ( Ver usos del salvado, sección 2.2.1 ).

Como se recordará, el germen contiene mejores constituyentes químicos que nos indican que puede tener una gran demanda como alimento naturista ya que contiene azúcares -glucosa y sacarosa-, una gran cantidad de aminoácidos esenciales y no esenciales, contiene también ácido ribonucléico, vitaminas y minerales. (24) (25)

Es utilizado en Japón para la extracción y purificación de lipoxigenasas y lipasas; para la caracterización de las mismas y su estudio. ( 2 ) (41),

3.6 - Separación y / o purificación del germen a partir  
de salvados comerciales.

En literatura (7) (9) (38), sólo se recomienda para la separación y/o purificación del germen de arroz, un tamizado en combinación con corrientes de aire, en donde también pueden separarse fragmentos grandes como los granos blancos quebrados y el salvado.

Hogan (19) y Houston (21) dicen que la mezcla de subproductos del blanqueo, pasan a través de una criba hexagonal rotatoria y de un separador de germen que consta de un juego de tamices oscilatorios y por una separación neumática de partículas por diferencia de tamaños de partícula y de densidades de las mismas; en la práctica no se conoce ningún equipo específico.

## OBJETIVOS

- 1 - Determinación de algunas características físicas del germen y la comparación de éstas en muestras procedentes de Centros de Investigación y Molinos Comerciales, en distintas variedades mexicanas de arroz.
- 2 - Desarrollo de equipo de laboratorio para la separación y/o purificación de germen en salvados comerciales.
- 3 - Metodología preliminar para la separación y/o purificación del germen de salvados comerciales de arroz mexicano.

## MATERIALES Y METODOS

### 1 - MATERIALES

#### 1.1 - Muestras de arroz palay procedentes de Centros de Investigación (muestras puras).

##### 1.1.1 - Arroz palay.

Se utilizaron cuatro variedades diferentes provenientes de dos Centros de Investigación: Centro de Investigaciones Agrícolas del Pacífico Norte (CIAPAN) en Culiacán Sinaloa y Centro de Investigaciones Agrícolas del Centro (CIAMEC) en Zacatepec Morelos, pertenecientes a la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SARH), como puede verse en el cuadro No. 12.

Estas variedades correspondieron a la cosecha de la temporada 1981, del campo experimental de los lotes de reproducción de variedades puras.

En general la apariencia de cada muestra (3 de cada variedad) era uniforme en color y tamaño, sin olores extraños, exenta de pajitas, semillas extrañas, insectos e impurezas en general. Se tomaron muestras de aproximadamente 2 Kg.

#### 1.2 - Muestras de productos y subproductos obtenidas en Procesos Industriales (muestras comerciales).

CUADRO No . 12

PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES OBTENIDOS EN MUESTRAS DE DISTINTAS  
 VARIEDADES INVESTIGADAS

Muestra	variedad	No. de muestras	procedencia	material obtenido
P U R A	Navolato A-71	3	Centro de Investigaciones Agrícolas del Pacífico Norte ( CIAPAN ) ( Culiacán Sinaloa )	p a l a y
	Culiacán A-82	3		
C O M E R C I A L	Morelos A-70 Jojutla x Nailand	3 3	Centro de Investigaciones Agrícolas del Centro ( CIAMEC ) ( Zacatepec Morelos)	palay moreno blanco salvado
	Navolato A-71	2 1	Arrocera del Noreste S. A. ( AN ) Arrocera Tres Ríos ( ATR ) ( Culiacán Sinaloa )	
	Morelos A-70	3	Arrocera Emiliano Zapata ( AEZ ) ( Cuautla Morelos)	

### 1.2.1- Arroz palay.

Se obtuvieron muestras de dos variedades distintas (Navolato A-71 y Morelos A-70) obtenidas en diferentes días durante la operación de tres molinos muestreados, como puede verse en el cuadro No. 12.

Estas variedades también corresponden a la cosecha de la temporada 1981, de tres molinos de Culiacán Sinaloa ( AN, ATR ) y de un molino de Cuautla Morelos ( AEZ ).

La apariencia general de estas muestras era heterogénea en color y tamaño, sin olores extraños. Presentaron algo de impurezas (tierra, piedras y pajas), ausencia de insectos; de mejor apariencia la variedad Morelos A-70 que la Navolato A-71. Se tomaron muestras de 3 a 4 Kg.

### 1.2.2- Arroz moreno.

La procedencia es la misma que en el caso del arroz palay; variedad Navolato A-71 de Culiacán Sinaloa y Morelos A-70 de Cuautla Morelos, de la cosecha de la temporada 1981.

Las muestras eran homogéneas con poca cantidad de cascarilla, sin olores extraños y sin impurezas.

Se tomaron muestras de 3 a 4 Kg.

### 1.2.3- Arroz blanco.

Muestras provenientes de Culiacán Sinaloa y de Cuautla Morelos, al igual que en el caso de arroz palay y arroz moreno.

Muestras de apariencia uniforme, sin impurezas pero con la presencia de quebrados de diferentes tamaños ( se llaman "quebrados" a los fragmentos de arroz elaborado, en donde se tienen distintos tamaños como son los medianos grandes; de tamaño igual o mayor a la mitad de la longitud del grano entero. Mediano pequeño: que son los fragmentos de grano elaborado de tamaño menor a la cuarta parte del grano entero y que no pasan por un tamiz de malla de 1.4 mm) (7) (14).

### 1.2.4- Salvado de arroz.

El salvado de arroz tenía la misma procedencia que el arroz palay, moreno y blanco.

Estas muestras de salvado obtenidas de procesos industriales, eran de color café grisáceo claro, homogéneas pero grumosas ( debido a las grasas y a la humedad propias del salvado). Era una mezcla de salvado, puntilla ( considerada también como quebrado), germen entero o quebrado, cascarilla y raquilla ( eje diminuto que se encuentra entre las glumas y las lemas; raramente se ramifica (7).). Muestras de cinco a siete Kg.

2.1- Toma de muestras de Centros de Investigación ( muestras puras ).

Una vez cosechados los lotes de reproducción de variedades puras, se obtuvieron muestras durante el llenado de los sacos para almacenamiento; previo secado al sol del arroz palay hasta una humedad final aproximada de 13%.

2.2- Toma de muestras de productos y subproductos obtenidas de procesos industriales ( muestras comerciales ).

2.2.1- Toma de muestras de arroz palay.

La toma de muestras se realizó dentro de los molinos seleccionados, y esta toma de muestras de arroz palay se llevó a cabo en la tolva de alimentación de la descascarilladora por un operador, tomando 10 porciones de 20 gr cada una aproximadamente. Transcurridos 5 minutos de tomada la última porción se repite la operación durante una hora. Al final se mezcló la muestra para obtener posteriormente, por cuarteo, las muestras de laboratorio.

2.2.2 - Toma de muestras de arroz moreno.

Las muestras de arroz moreno fueron tomadas a la salida de las separadoras de cascarilla.

Para que esta toma fuese representativa, otro operador repitió el procedimiento anterior a los diez minutos de iniciado el primer muestreo en arroz palay.

#### 2.2.3- Toma de muestras de arroz blanco.

Para el muestreo del arroz blanco, se tomaron las porciones a la salida de la última blanqueadora; a los veinte minutos de la primera toma de arroz palay, repitiéndose el mismo procedimiento.

#### 2.2.4- Toma de muestras de salvado.

El salvado procede de la mezcla de las blanqueadoras, tomándose porciones de igual manera y transcurridos de 25 a 30 minutos de la primera toma del arroz palay.

2.3- Experimentación general para la caracterización de germen.

El cuadro No. 13 nos muestra las operaciones realizadas en los productos y los subproductos y el tipo de determinaciones que se efectuaron.

2.3.1 - Muestras de Centros de Investigación (muestras puras ).

2.3.1.1 - Experimentación previa.

a) Arroz palay.

Cada variedad de arroz palay se homogenizó nuevamente y se cuarteó para tener una muestra representativa de aproximadamente 710 grs. la cual se pasó a la limpieza en ASPIRADOR BATES (Ht. Mc Gill Inc. ) para separar las impurezas como pajas, polvos y granos vanos. (granos vanos son los granos insuficientemente desarrollados (15)).

Se determinó el % de humedad en DIGITAL MOISTURE COMPUTER (Burrows Inc. Mod. 700), por triplicado. Se prosiguió con una separación manual (consultar cuadro No. 13) para eliminar los granos defectuosos, (deformes, vanos y pequeños) hasta completar 300 gramos, se separaron tres muestras de 100 gramos cada una. En cada una de estas muestras se determinaron el peso de 1000 granos y las dimensiones de 20 granos.

CUADRO No . 13

CUADRO DE EXPERIMENTACION PARA LA CARACTERIZACION DE GERMEN

tipo de muestra	operación	productos y subproductos de cada operación	determinación
palay	limpieza	impurezas, palay limpio	% humedad
↓ palay limpio	separación manual	granos defectuosos, granos sanos	peso 1000 granos dimensiones
↓ palay sano	descascarillado	mezcla de arroz palay, arroz moreno entero y arroz moreno quebrado	
↓ mezcla de palay moreno entero y moreno quebrado	separación manual	arroz palay, arroz moreno entero y arroz moreno quebrado	rendimiento en descascarillado
↓ moreno entero	separación manual	arroz moreno defectuoso y arroz moreno sano	% humedad peso de 1000 granos dimensiones
↓ moreno sano	desgerminación	arroz moreno desgerminado, germen entero y germen quebrado	peso de germen entero, peso de germen quebrado, peso de moreno desgerm.
↓ germen entero	mediciones	germen entero	dimensiones
↓ moreno entero	blanqueo	mezcla de arroz blanco quebrado y arroz blanco entero	
↓ mezcla de arroz blanco quebrado y arroz blanco entero	separación manual	arroz blanco quebrado y arroz blanco entero, ( separación de defectuoso y sano )	% humedad peso de 1000 granos dimensiones

Cada muestra de 100 gr. se pasó a una DESCASCARILLA DORA (Mc Gill No. 580-A) y el producto del descascarillado se sometió a una separación manual para obtener las fracciones correspondientes (arroz palay, arroz moreno entero y arroz moreno quebrado) utilizadas en el rendimiento de descascarillado; estos resultados se reportaron en cuadros como el mostrado con el número 14.

b) Arroz moreno.

El arroz moreno obtenido de la descascarilladora fué utilizado para determinar el % de humedad en TERMOBALANZA (Cenco No. 26680), peso de 1000 granos y dimensiones a lotes de 20 granos. Esto se puede consultar en el cuadro No. 13. (Las dimensiones se realizaron en CALBRADOR DE ESPESORES Mitutoyo).

Una vez realizado esto, se siguieron dos procedimientos diferentes dentro de las muestras de los Centros de Investigación:

- Uno encaminado a la evaluación del germen.
- Otro camino para la evaluación de la calidad molinera (como se verá en la experimentación complementaria en la sección 2.3.1.3).

2.3.1.2 - Evaluación de germen.

A cada muestra de arroz moreno se le quitaron 8 grupos de 50 granos cada uno para pesarlos y después "desgerminarlos" con una

aguja procurando no desprender el salvado.

Las fracciones obtenidas; germen entero, germen quebrado y arroz moreno desgerminado; fueron pesadas por separado en BALANZA ( Delta Range Mettler PC 440 ) para realizar los cálculos necesarios ( cuadro No. 15 ). Los resultados se presentaron en cuadros como el mostrado con el No. 14. Cálculos en cuadro No. 15.

A cada uno de los 8 grupos de 50 granos se les sustrajeron 10 germenos para determinar las dimensiones ( sólo largo y ancho, a diferencia de las dimensiones del grano que eran largo, ancho y espesor ) con AMPLIFICADOR DE ESCALA ( Flower Conic Inc. 7X de 0,1 a 1 mm ) estos datos fueron presentados en cuadros como el mostrado con el No. 16.

### 2.3.1.3 - Experimentación complementaria.

#### a) Evaluación de calidad molinera.

Como se dijo anteriormente, el arroz moreno seguía 2 procedimientos diferentes; éste es el segundo y corresponde al blanqueo. La cantidad restante de arroz moreno fue pasada a blanquear en MOLINO DE MUESTRAS OLMIA, utilizando las condiciones establecidas previamente para cada variedad en el laboratorio de Tecnología de Cereales. ( Remoción del 10 % aproximadamente del salvado presente en cada variedad).

## CUADRO No . 14

PRESENTACION DE LOS DATOS OBTENIDOS DURANTE LA  
EXPERIMENTACION PARA LA CARACTERIZACION DE GERMEN

## \*PESO DE 1000 GRANOS

muestra	palay	moreno	blanco	%cascara	%salvado
1					
2					
3					
$\bar{x}$					
s					
cv					

## \*RENDIMIENTO EN MOLINERIA (en base a 100 gr de palay y de moreno)

muestra	peso palay	peso moreno	mor. queb.	blanco	blanco queb.
1					
2					
3					
$\bar{x}$					
s					
cv					

## \*DETERMINACION DEL % DE GERMEN

muestra	50 granos moreno (peso ini- cial. P. i)	50 granos moreno (peso fin- al P. f.)	germen total en moreno	%germen en mor. (c/P. i.)	%germen en mor. (c/P. f.)	%germen en palay (c/P. i.)	%germen en palay (c/P. f.)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
$\bar{x}$							
s							
cv							

## \*% HUMEDAD

palay	moreno	blanco

CUADRO No . 15  
CALCULOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE GERMEN DE  
ARROZ

% CASCARILLA	= $\frac{\text{Peso 1000 granos palay} - \text{Peso 1000 granos moreno}}{\text{Peso 1000 granos palay}} \times 100$
% SALVADO	= $\frac{\text{Peso 1000 granos moreno} - \text{Peso 1000 granos blanco}}{\text{Peso 1000 granos moreno}} \times 100$
% GERMEN EN MORENO ( peso inicial P. i. )	= $\frac{\text{Peso de germen total en moreno}}{\text{Peso inicial de 50 granos de moreno}} \times 100$
% GERMEN EN MORENO ( peso final P. f. )	= $\frac{\text{Peso de germen total en moreno}}{\text{Peso de 50 granos de moreno desgerminado}} \times 100$ Peso total de germen
% GERMEN EN PALAY ( peso inicial P. i. )	= $\frac{\text{Peso de germen total en moreno}}{\text{Peso de palay en cada muestra (*)}} \times 100$
% GERMEN EN PALAY ( peso final P. f. )	= $\frac{\text{Peso de germen total en moreno}}{\text{Peso de palay en cada muestra (**)}} \times 100$
* Peso de palay en cada muestra	= $\frac{\text{Peso de 50 granos de moreno ( peso inicial)}}{*** \% \text{ de moreno en palay}} \times 100$
** Peso de palay en cada muestra	= $\frac{\text{Peso de 50 granos de moreno ( peso final )}}{*** \% \text{ de moreno en palay}} \times 100$
*** % moreno en palay	= $\frac{\text{Moreno total}}{\text{Palay descascarillado}} = \frac{\text{Peso de moreno entero} + \text{Peso mor. queb}}{100 - \text{Peso de palay}}$

NOTAS: El peso de 1000 granos de palay, moreno y blanco fueron obtenidos de los promedios de los cuadros como los del No. 14; al igual que el peso del germen total y el peso inicial y final de 50 granos de moreno.  
El peso de palay, moreno entero y moreno quebrado son los promedios de los cuadros de rendimiento, también de el cuadro No. 14

CUADRO No . 16

PRESENTACION DE LOS RESULTADOS DE LAS MEDICIONES EN

GERMEN DE ARROZ

	1		2		3		4		5		6		7		8	
	L	A	L	A	L	A	L	A	L	A	L	A	L	A	L	A
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
-																
x																
s																
cv																

promedio de promedios	$\bar{\bar{x}}$
desv. st. de promedios	$\bar{s}$
coef. de variación total	$\bar{cv}$

A la salida de la blanqueadora, se separaron manualmente los granos enteros y los quebrados para complementar los cuadros de Rendimiento en molinería, como el mostrado en el cuadro No. 14; se determinó el % de humedad (en la misma termobalanza que la utilizada para % de humedad en moreno); el peso de 1000 granos de arroz blanco y las dimensiones de 20 granos.

b) Determinación del % de cascarilla.

Esta determinación se llevó a cabo a partir del peso de 1000 granos de palay y del peso de 1000 granos de arroz moreno. Los cálculos pueden observarse en el cuadro No. 15.

c) Determinación del % de salvado.

A partir del peso de 1000 granos de arroz moreno y del peso de 1000 granos de arroz blanco; los cálculos también pueden verse en el cuadro No. 15.

2.3.2 - Muestras de productos y subproductos de procesos industriales.

2.3.2.1 - Experimentación previa.

a) Arroz palay.

Se siguieron los mismos pasos que en las muestras de los Centros de Investigación (muestras puras) hasta la determinación de los

rendimientos en descascarillado.

b) Arroz moreno.

Estas muestras de arroz moreno provenientes de molinos comerciales, fueron utilizadas para las mismas determinaciones que las muestras de Centros de Investigación ( muestras puras ) que son: % de humedad, peso de 10 00 granos, dimensiones de 20 granos y para la evaluación de germen.

2.3.2 - Evaluación de germen.

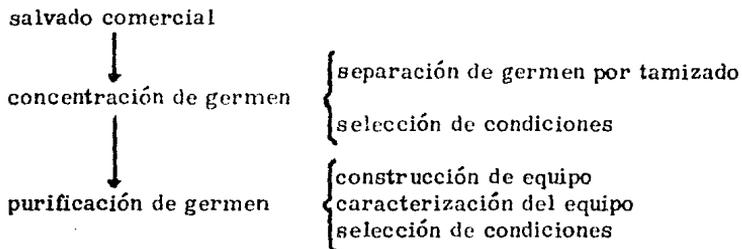
Se prosiguió de igual manera que en muestras provenientes de Centros de Investigación.

2.3.2.3 - Experimentación complementaria.

A diferencia de las muestras puras, el arroz moreno de los molinos comerciales que fue sometido a blanqueo, no fue utilizado para las determinaciones de % de humedad, peso de 1000 granos ni dimensiones de 20 granos, ya que se contó con las muestras de arroz -- blanco provenientes de molinos comerciales ( ver cuadro No. 12 ).

Estas muestras de arroz blanco ( las salidas del blanqueo realizado en el laboratorio ) fueron utilizadas para la evaluación de la calidad molinera.

El procedimiento general para la purificación del germen a partir de salvados comerciales es el siguiente:



Como se recordará en la sección 3.6 de la introducción, solamente se practican en la purificación de germen, la combinación de un tamizado y de una separación neumática, por lo tanto se procedió a determinar para la concentración de germen una separación por tamizado en la cual se seleccionarían las condiciones de tiempo de residencia en vibrador, el tamiz en el cual se tuviera la mayor concentración y la combinación de los tamices para proseguir con la purificación o separación neumática.

Para la purificación fue necesaria la construcción del equipo y la caracterización de funcionamiento del mismo, para poder hacer la selección (ya con la fracción concentrada) de las condiciones y el posible establecimiento de una metodología.

#### 2.4.1 - Concentración de germen por tamizado.

Se trabajaron muestras de 100 gramos de salvado homogenizado de muestras de molinos comerciales, utilizando tamices No . 20, 35 y 40 de la serie TYLER, MODELO DUVESA, con dos combinaciones sólomente ( 20-35 y 20-40 ), variando los tiempos de residencia en VIBRADOR TYLER MOD. RX24 en 5, 10 y 15 minutos. Todo esto se realizó por triplicado. Ver cuadro No. 17.

##### a) Determinaciones en Tamizado.

- . peso de muestra retenida y no retenida en cada tamíz ( RT y PT respectivamente ), mejor conocido como - análisis Granulométrico.
- . % Real de germen, que es la cuantificación de la fracción de germen contenida en el tamíz seleccionado, proveniente del análisis ( separación manual ) de 1 gramo de muestra. Se realizó por duplicado.
- . % Real de puntilla y otros, la cuantificación de la cantidad de puntilla, cascarilla, etc. encontrada en las muestras de 1 gramo de la determinación de % Real de germen.

## CUADRO No . 17

## CONCENTRACION DE GERMEN, PRUEBAS DE TAMIZADO

combinación de tamices	velocidad de vibrador	fracción	tiempo de residencia							
			5 min		10 min		15 min			
			1	2	1	2	1	2		
20-35	media	RT-20 RT-35 PT-35 pt								
20-35	máxima	RT-20 RT-35 PT-35 pt								
20-40	media	RT-20 RT-40 PT-40 pt								
20-40	máxima	RT-20 RT-40 PT-40 pt								

## NOTAS:

la velocidad del vibrador está en escala de 1 a 10, por lo tanto la velocidad media corresponde a una escala de 5, y la velocidad máxima a 10.

RT-20 fracción retenida en tamiz 20

RT-35 fracción retenida en tamiz 35

PT-35 fracción que pasa en tamiz 35

pt peso total final de la muestra, que corresponde a la sumatoria de las fracciones anteriores

RT-40 fracción retenida en tamiz 40

PT-40 fracción que pasa en tamiz 40

## 2.4.2 -- Purificación de Germen.

### 2.4.2.1 - Construcción y caracterización del separador neumático.

Como no se conoce un equipo específico para la purificación del germen, se tomaron como referencia separadores de impurezas utilizados en la determinación de calidad de muestras de cereales para la construcción del equipo a utilizar.

Algunas de las características de los equipos consultados como el EXTENDER RANG de Seedburo Eq. Co. y el SEED BLOWER de Burrows Co. son:

- su funcionamiento se basa en las diferencias de peso y tamaño de las partículas a separar.
- la entrada del aire por medio de un ventilador se encuentra en la parte inferior de los equipos.
- las fracciones ligeras viajan por tubos de acrílico ( uno curvo y otro recto ) y caen dentro de un colector colocado en la parte superior del equipo.
- el flujo de aire puede controlarse.

Las características del equipo construido son las siguientes:

tes:

MOTOR: voltaje- 127      amperaje- 0.74      RPM- 3310

Hz- 60      fases- 1      cap- 2

MFA- 400 volts.

CAPACITOR: 4 MFDS      370 VCA

TUBO SEPARADOR:      diámetro interior del tubo acrílico- 9 cm

diámetro exterior- 9.6 cm

portamuestras- 20 cm de altura con malla de 1 mm de abertura

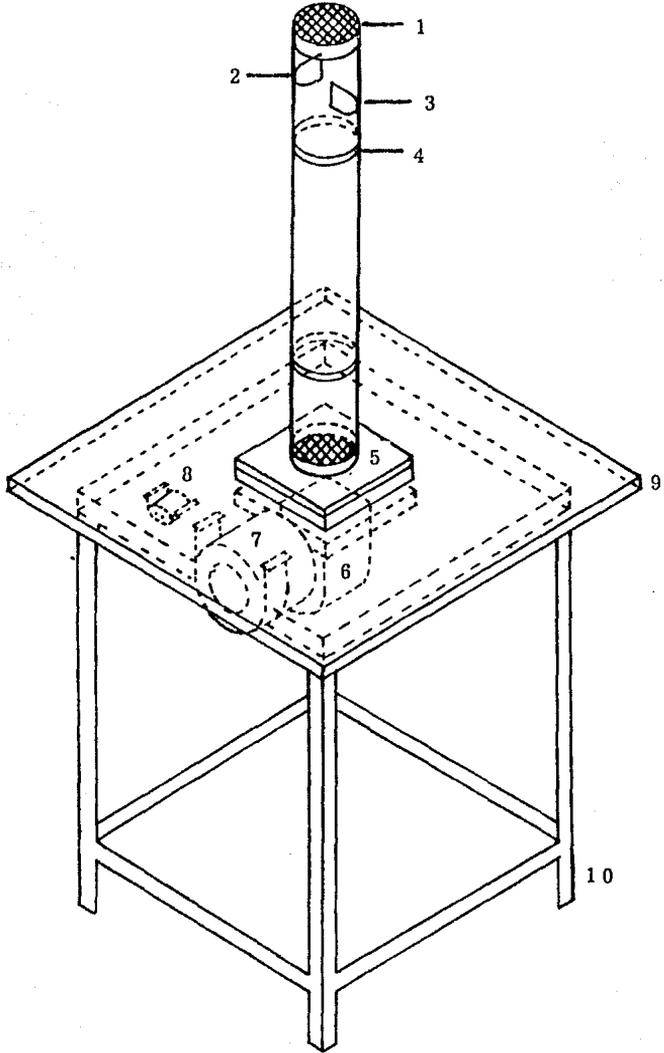
secciones del tubo- 2 tubos de 40 cm de altura, 1 tubo de 30 cm y otro de 20 cm

colector- 20 cm de altura con tapa de malla de 1 mm de abertura, con dos colectores colocados a 5 y 11 cm de la base del colector; el diámetro de los colectores es de 9.6 cm y con un largo de 6 cm, como se muestra en la figura No. 9.

Como puede verse en la figura No. 9, el equipo construido consta de una base metálica de 4 patas; la mesa de madera con 2 cm de espesor y 70 cm por lado; en la parte superior de ésta y en su parte central, se colocó una base de madera de 2.5 cm de espesor y con 20 cm por cada lado; tiene una perforación circular de 10.5 cm de diámetro que permite la salida del aire impulsado por el ventilador que se encuentra colocado en la parte inferior de la mesa.

FIGURA N o . 9

## SEPARADOR NEUMATICO DE GERMEN CONSTRUIDO



## FIGURA N o . 9

- 1 - Tapa del colector
- 2 - segundo colector
- 3 - primer colector
- 4 - Abrazadera
- 5 - Portamuestras
- 6 - Ventilador
- 7 - Motor
- 8 - Capacitor
- 9 - Mesa
- 10 - Soporte de la mesa

El tubo separador de acrílico puede variar su longitud, ya que consta de varias secciones unidas por abrazaderas; el portamuestras fué construído con una tabla (20 cm por lado x 1.5 cm de altura) perforada en la parte central (9.6 cm de diámetro) donde se colocó una tela metálica (1 mm de abertura) y el tubo de acrílico, unidos exteriormente y por la parte superior de la tabla con un aro de madera y con silicón.

La tapa del colector se construyó con la tela metálica de 1 mm de abertura unida también con silicón a un aro de madera. Las mamparas o colectores se encuentran a 5 y 11 cm como se mencionó anteriormente.

#### 2.4.2.2 - Caracterización de funcionamiento del purificador de germen neumático.

Para la caracterización del equipo, y para conocer la relación Flujo de aire, Intensidad de corriente eléctrica y la Velocidad de Rotación que manejaba éste con las diferentes alturas del tubo separador se trabajó sin muestra y variando el regulador de la intensidad de corriente (conocido como Reóstato) en 10 unidades; éstas están en una escala de cero a cien.

Las mediciones del Flujo de aire, la Intensidad de corriente y la Velocidad de rotación se realizaron en:

ANEMOMETRO: S. te AN me De Setab, ts. Joules Richard

Argenteuil.

AMPERIMETRO: De inducción y de gancho marca Amprobe  
Inst. modelo RS 3.

TACOMETRO:

El regulador de la intensidad de corriente eléctrica o RE-  
OSTATO; Stacome tipo 2 P F 2210.

Las mediciones, como se dijo anteriormente, se realizaron  
a distintas alturas de la columna separadora:

- equipo sin ninguna sección de la columna separadora
- equipo con portamuestras (20 cm de altura)
- equipo con portamuestras y colector (40 cm de altura)
- equipo con portamuestras, colector y tapa del colector  
(41 cm de altura)
- equipo con portamuestras, sección intermedia de 40 cm  
colector y tapa del mismo (altura total de 81 cm).

El cuadro No. 18 muestra la manera de recolectar los da-  
tos en algunas de las distintas alturas de la columna separadora; se medía  
por ejemplo, a 10% de TM (% TM es % de tensión máxima, que se refiere  
a la resistencia variable utilizada para controlar la intensidad de corrien-  
te, y es medida por el reóstato), la intensidad de corriente (en amperes)

el flujo de aire (en m/min) y la velocidad de rotación (RPM x 100), después a %TM de 20, 30, 40, etc.; cuando se completaba el cuadro, se repetía el procedimiento tres veces.

#### 2.4.2.3 - Operación del purificador de germen neumático.

Se realizaron experimentos con muestras de 40 gr de las fracciones seleccionadas en tamizado. Se colocaba en el portamuestras el tubo separador y se prendía el equipo a %TM de cero, se esperaban 3 min y se anotaban las observaciones. Cuando se detectó la llegada de muestra a los colectores, se esperaron 5 min a ese % de TM, se apagó el equipo y se sacaron las fracciones para pesarlas por separado y realizar las determinaciones de % real de germen, puntilla y otros, para que, por medio de balances de materia determinar los porcentajes de recuperación de germen.

El cuadro No. 19 muestra un ejemplo de la presentación de los valores promedios del % real de germen de los dos colectores y la forma como se reportaban las observaciones particulares y generales en los diferentes porcentajes de tensión máxima donde se detenía el equipo.

CUADRO No . 18

RECOLECCION DE DATOS DE FLUJO DE AIRE, INTENSIDAD DE CORRIENTE Y VELOCIDAD DE ROTACION DEL EQUIPO CON LAS DIFERENTES ALTURAS DE LA COLUMNA SEPARADORA, (por triplicado)

secciones	% TM *	Intensidad de corriente (amperes)			flujo de aire (m/min)			velocidad de rotación (rpm x 100)		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	10									
	20									
	30									
	40									
	50									
	60									
	70									
	80									
	90									
	100									
2	10									
	20									
	30									
	40									
	50									
	60									
	70									
	80									
	90									
	100									
3	10									
	20									
	30									
	40									
	50									
	60									
	70									
	80									
	90									
	100									

1- equipo sin ninguna sección de la columna separadora

2- equipo con portamuestras (20 cm de altura)

3- equipo con portamuestras y colector (40 cm de altura)

\* % TM- porcentaje de tensión máxima manejado por el Reóstato

CUADRO No . 19

CUADRO GENERAL DE OBSERVACIONES EN LAS MUESTRAS

DE GERMEN PURIFICADO.

% TM	peso de muestra primero+ segundo colectores	% de germen recuperado ( $\bar{x}$ )	observaciones particulares	observaciones generales

FRACCION ANALIZADA:  
ALTURA DEL TUBO SEPARADOR:

## 2.5 - Determinaciones Estadísticas.

Se determinaron promedios o medias aritméticas, desviaciones estandar, coeficientes de variación; promedios de promedios, desviaciones estandar de los promedios y coeficientes de variación totales ( éstos tres últimos sólo en las dimensiones del germen ) por medio de Calculadora CASIO fx-3600 P en todas las muestras de molinos comerciales y de muestras de Centros de Investigación; tanto en peso de 1000 granos de arroz palay como a lo largo de la experimentación, como se refiere en los cuadros No. 14 y 16, y los resultados son mostrados en la sección de variación dentro de cada muestra ( Sección 2 de Resultados y Discusión ). Para recordar estas determinaciones, se recomienda consultar del No. 1 al No. 6 del anexo presentado al final de este trabajo.

En la selección del tamaño de muestra para la caracterización del germen ( Sección 1.1 de Resultados y Discusión ) y en la sección tercera de la misma ( sólomente en el % de cascarilla, % de salvado, % de germen en arroz moreno en base al peso final de 50 granos de arroz desgerminado, % de germen en arroz palay con respecto al peso final de 50 granos y en dimensiones de germen -largo y ancho- ) se realizaron Análisis de Varianza en Computadora de Bolsillo RADIO SHACK TRS-80.

En el anexo que se encuentra al final, con el No.8, se -

presenta un ejemplo del desarrollo de uno de estos análisis.

Cuando se encontraron diferencias significativas o altamente significativas en el Análisis de Varianza, fue necesario -con el fin hacer la comparación de muestras puras y muestras comerciales - en una misma variedad y en una determinación dada- realizar las pruebas DMSH ( diferencia mínima significativa honesta ). Un ejemplo de estas pruebas es mostrado con el No. 9 del anexo, y los resultados son presentados en la sección 4.1 de Resultados y Discusión.

Para la comparación de muestras provenientes de Centros de Investigación ( muestras puras ) y muestras comerciales ( obtenidas de Molinos Comerciales ) -una vez detectados por medio de las pruebas DMSH, las muestras que eran diferentes- se realizaron los métodos conocidos como Muestras Independientes, en la misma computadora de bolsillo. También en el anexo ( No. 10 ) se presenta un ejemplo para esta determinación.

En la parte de Experimentación Previa, se menciona que se utilizó el método de Mínimos Cuadrados para hacer la " corrección " de la recta, o sea, la regresión lineal simple, y un ejemplo de esta técnica se muestra con el No. 7 en el anexo; estos cálculos se realizaron en Calculadora Casio y los resultados son mostrados en los cuadros del 25 al 28 de la sección 1.3 de Resultados y Discusión.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 1 - EXPERIMENTACIÓN PREVIA

#### 1.1 - Caracterización del germen.

Se realizó un análisis estadístico (Análisis de Varianza, que se puede consultar en el Anexo) para la determinación del tamaño de muestra a utilizar en la desgerminación, tomando los datos de % de germen en arroz moreno con respecto al peso inicial de 50 granos desgerminados (consultar cuadros 14 y 15) en una de las variedades estudiadas; el lote de ésta variedad fue obtenido del molino comercial "ATR" (Arrocera de Tres Ríos) que corresponde a Navolato A-71.

El cuadro No. 20 muestra los resultados obtenidos para los distintos tamaños de muestra y contiene además los resultados del Análisis de Varianza para determinar si las medias de los tratamientos (los tratamientos son los tamaños de muestra) eran o no significativamente diferentes.

Como puede verse, no se detectaron diferencias significativas (n. s.) en el modelo estadístico, ya que la media de los tratamientos o tamaños de muestra de los porcentos de germen en arroz moreno con respecto al peso inicial de 50 granos de arroz desgerminados eran "iguales" al trabajarse muestras de 50 granos, 100 granos, 10 gramos y 50 gramos, por lo tanto se seleccionó la muestra más pequeña, la de 50 granos.

CUADRO No . 20

% DE GERMEN EN MORENO CON RESPECTO AL PESO INICIAL EN DISTINTOS TAMAÑOS DE MUESTRA Y ANALISIS DE VARIANZA PARA LA SELECCION DE LA MUESTRA ADECUADA PARA TRABAJAR

No. experimento	tamaño de muestra			
	A	B	C	D
1	2.2041	2.5006	2.4600	2.0060
2	2.7118	2.5127	2.0600	2.2360
3	2.5370	2.4717	2.5900	2.4160
4	2.3148	1.9386		
5	2.3310	2.1487		
6	2.4390	1.9167		
7	2.3980	2.2070		
8	2.2857	2.4612		
$\bar{x}$	2.4026	2.2696	2.3700	2.2193

SIGNIFICANCIA: n, s,

tamaño de muestra:

- A- 50 granos
- B- 100 granos
- C- 10 granos
- D- 50 granos

## 1.2 - Concentración de germen de salvado comercial.

### 1.2.1 - Resultados de tamizado.

En el cuadro No. 21 se ven los resultados del análisis granulométrico de salvado comercial en combinación de tamices Nos. 20 y 35 donde pueden observarse los pesos de las fracciones retenidas ( RT-20 y/o RT-35 ); el peso de la fracción no retenida ó fracción que pasa por tamiz 35 ( PT-35 ) y el peso total final de la muestra ( en base a 100 gramos de salvado comercial alimentado ) que es la sumatoria de las fracciones antes mencionadas ( se presentan datos por duplicado ).

El cuadro No. 22 muestra los resultados del análisis granulométrico para la combinación de tamices 20 y 40, que es semejante al cuadro No. 21.

La selección de las muestras para el paso posterior ( purificación de germen a partir de salvado concentrado ) se fundamentó en las hipótesis que se encuentran numeradas a continuación; la discusión de estas hipótesis, ( basada en los resultados presentados en los cuadros 21 y 22 ) se encuentran después del planteamiento de las mismas.

- a- Fracción RT-20. Se tendría mayor cantidad de puntilla y de germen entero de mayor tamaño.
- . Estas fracciones en promedio son casi iguales en todos los ensayos, ya fuera a velocidad del vibrador media ó

CUADRO No . 21

ANALISIS GRANULOMETRICO PARA COMBINACION DE TAMICES No. 20 y 35.

velocidad	fracción	tiempo de residencia en vibrador					
		5 minutos		10 minutos		15 minutos	
		1	2	1	2	1	2
*	RT-20	11,634	11,972	10,240	11,510	11,575	11,225
	RT-35	76,630	82,610	58,300	54,470	46,880	46,020
	PT-35	11,146	4,857	31,290	37,750	41,190	42,116
	pt	99,410	99,439	99,830	99,730	99,645	99,361
**	RT-20	10,680	12,740	11,880	11,632	11,109	11,457
	RT-35	44,010	48,940	43,321	44,247	25,479	26,904
	PT-35	34,850	38,130	44,150	43,440	62,946	61,020
	pt	99,540	99,810	99,351	99,309	99,628	99,381

RT-20 fracción retenida en tamiz 20

RT-35 fracción retenida en tamiz 35

PT-35 fracción pasada por tamiz 35

pt peso total final, sumatoria de las fracciones anteriores

\* velocidad media- velocidad "5" en la escala del vibrador.

\*\* velocidad máxima- velocidad "10" en la escala del vibrador.

máxima, y en los tres distintos tiempos.

b- Fracción RT-35 y/o RT-45. Habría retención de germen entero y puntilla pequeña con algo de salvado.

• Como puede observarse en los cuadros mencionados, es las fracciones disminuyen en peso conforme aumenta el tiempo de residencia en vibrador y conforme aumenta la velocidad del mismo. Puede considerarse mayor concen tración de germen a menor peso de la fracción.

c- Fracción PT-35 y/o PT-40. Mayor cantidad de salvado con presencia de germen quebrado y/o pequeño y puntilla fina.

as fracciones pasadas de tamiz 35 y 40 son mayores en 10 y 15 minutos en velocidad 10, por lo tanto hay mayor paso de salvado facilitandose la purificación del germen entero.

En consecuencia a lo discutido anteriormente, se seleccio naron las fracciones que se ven sombreadas en los cuadros y que correg ponden a:

velocidad máxima, con tiempo de 10 y 15 minutos en fraccio nes RT-20 y RT-35 y en RT-20 y RT-40.

A estas fracciones seleccionadas, se les determinó el % re al de germen y % real de puntilla y otros para poder continuar con la puri

CUADRO No . 22

ANALISIS GRANULOMETRICO PARA COMBINACION DE TAMICES No. 20 y 40

velocidad	fracción	tiempo de residencia en vibrador					
		5 minutos		10 minutos		15 minutos	
		1	2	1	2	1	2
*	RT-20	11.600	12.130	10.070	10.450	10.510	11.170
	RT-40	44.750	45.680	23.700	26.720	21.810	17.020
	PT-40	42.900	41.160	65.600	62.090	66.740	70.970
	pt	99.850	98.970	99.370	99.260	99.060	99.160
**	RT-20	10.980	10.710	10.060	10.380	9.900	10.750
	RT-40	29.620	29.690	13.820	16.470	12.770	12.160
	PT-40	58.650	58.860	75.420	72.450	76.490	76.090
	pt	99.250	99.260	99.300	99.300	99.160	99.000

RT-20 fracción retenida en tamiz 20

RT-40 fracción retenida en tamiz 40

PT-40 fracción pasada por tamiz 40

pt peso total final, sumatoria de las fracciones anteriores

\* velocidad media- velocidad "5" en la escala del vibrador.

\*\* velocidad máxima- velocidad "10" en la escala del vibrador.

ficación de germen.

1.2.2 - % Real de germen en muestras seleccionadas para su purificación a partir del tamizado del salvado comercial.

El cuadro No. 23 nos muestra los resultados de la separación (separación manual) de un gramo de las muestras seleccionadas en tamizado.

Este cuadro corrobora la hipótesis supuesta en la sección anterior de que en RT-20 teníamos mayor cantidad de puntilla y de germen entero de mayor tamaño y que en PT-35 se presentaba mayor cantidad de salvado, lo que varió un poco fue el % de germen encontrado en RT-35 y RT-40 ya que en RT-40 se tiene mayor cantidad de germen, pero no cantidad superior que en RT-20 como se supuso.

Para la selección de la fracción destinada a purificación, se sacaron los promedios de las dos determinaciones en RT-20 y se sumaron con los promedios de RT-35 y/o RT-40 para determinar donde se encontraba mayor cantidad de germen, estos resultados son mostrados en el cuadro No. 24. Se seleccionaron las fracciones RT-20 y RT-40 con 10 minutos de residencia a velocidad máxima en el vibrador; aunque a 15 minutos se tiene mayor cantidad total de germen, la diferencia es de 0.15% que es pequeña con respecto a la de 10 minutos. (Cuadro No. 24).

CUADRO No. 23

% REAL DE GERMEN DE LAS FRACCIONES SELECCIONADAS

tiempo residencia / fracción en tamiz	10 minutos				15 minutos			
	RT-20		RT-35		RT-20		RT-35	
% obtenido	1	2	1	2	1	2	1	2
%G	4.9	6.4	1.8	1.2	5.2	4.9	1.5	2.2
%P	88.3	86.3			84.8	85.2		
%I	5.1	4.8			7.3	6.1		
%S	1.0	2.3	98.0	98.1	2.3	3.5	97.2	96.2

tiempo residencia / fracción en tamiz	10 minutos				15 minutos			
	RT-20		RT-40		RT-20		RT-40	
% obtenido	1	2	1	2	1	2	1	2
%G	5.0	7.8	4.3	4.8	4.8	5.7	5.9	5.8
%P	89.3	84.7			90.0	86.5		
%I	4.2	5.5			4.4	5.9		
%S	1.1	1.9	95.6	95.2	0.7	1.5	98.7	93.2

%G- % de germen entero en base a 1 gramo de muestra

%P- % de puntilla en base a 1 gramo de muestra

%I- % de impurezas en base a 1 gramo de muestra

%S- % de salvado en base a 1 gramo de muestra.

En el caso de RT-35 y RT-40 no se separaron las fracciones de salvado, esta muestra se pasó por una malla de 1 mm de abertura y la fracción que se retenía era la que se separaba.

CUADRO No. 24

% REAL DE GERMEN SEPARADO (TOTAL DE LOS TAMICES SELECCIONADOS)

	10 minutos	15 minutos	10 minutos	15 minutos
RT-20	5.65	5.55	6.40	5.25 RT-20
RT-35	1.50	1.85	4.55	5.85 RT-40
RT-20+ RT-35	7.15	7.40	10.95	11.10 RT-20+RT-40

### 1.3 - Caracterización del equipo de purificación.

Como ya se mencionó, se determinaron la intensidad de corriente, el flujo de aire y la velocidad de rotación en el equipo construido variándose las características de la columna separadora. Sólomente se presentan los resultados del comportamiento de estas variables, en los rangos de %TM (% de tensión máxima dada por el reóstato) donde se separó la muestra, estos rangos fueron establecidos en la etapa de purificación de germen concentrado (sección 2.4.2.3 de resultados).

Para facilitar las gráficas se numeraron las características del equipo de la forma siguiente:

- 1 - equipo sin ninguna sección de la columna separadora
- 2 - equipo con portamuestras
- 3 - equipo con portamuestras y colector
- 4 - equipo con portamuestras, colector y tapa del colector
- 5 - equipo con portamuestras, sección de 40 cm, colector y tapa del colector. Ver sección 2.4.2.2 de materiales y métodos para recordar las alturas de la columna.

Los datos presentados fueron tomados de los resultados de regresión lineal, por el método de mínimos cuadrados (ver anexo para consultar el método) que se realizaron para la intensidad de corriente, flujo de aire y velocidad de rotación. El cuadro N. 25 muestra un ejemplo de la presentación de los datos.

## CUADRO No . 25

INTENSIDAD DE CORRIENTE DEL EQUIPO  
SIN NINGUNA SECCION DE LA COLUMNA SEPARADORA

% TM	$\bar{x}$	s	R. L.
10	0.000	0.000	0.1377
20	0.500	0.000	0.5137
30	0.825	0.150	0.8897
40	1.275	0.150	1.2657
50	1.725	0.206	1.6417
60	2.225	0.206	2.0177
70	2.575	0.150	2.3937
80	2.777	0.150	2.7697
90	3.100	0.200	3.1457
100	3.300	0.200	3.5217

%TM - % de tensión máxima.

x - promedio de las tres mediciones de la intensidad de corriente ( en amperes )

s - desviación estandar de las tres mediciones

R. L. - valores obtenidos en las ecuaciones de regresión lineal

El cuadro No. 26 presenta las ecuaciones de regresión lineal simple, los coeficientes de correlación ( $r$ ) y la variación de la variable Y con respecto a la variable X ( $r^2$ ) para la intensidad de corriente por el método de Mínimos Cuadrados con las diferentes características del equipo; el cuadro No. 27 para el flujo de aire y el cuadro No. 28 para la velocidad de rotación del equipo construido.

Como puede observarse en los cuadros antes mencionados los coeficientes de correlación ( $r$ ) y los porcentajes de variación ( $r^2$ ) son altos, lo que nos indica que pueden considerarse estas variables lineales. Por ejemplo: para la característica No. en la Intensidad de corriente,  $r$ , es de 0.9933 que es casi igual a 1 y  $r^2$  es de 0.9866, o sea, que el 98.66% de la variación del amperaje es debida a las diferencias del % de tensión máxima, y lo restante se debe a causas no explicadas.

La tendencia del comportamiento de la intensidad de corriente, del flujo de aire y de la velocidad de rotación son mostradas en las figuras No. 9, 10 y 11; y en los cuadros 29, 30 y 31 que corresponden a estas figuras.

- Comportamiento de la Intensidad de corriente.

La intensidad de corriente disminuye conforme aumentan las secciones de la columna separadora; y también aumenta conforme se aumentan al % de tensión máxima dada por el reóstato.

CUADRO No . 26

ECUACIONES DE REGRESIÓN Y COEFICIENTES DE CORRELACION  
PARA LA INTENSIDAD DE CORRIENTE CON LAS DISTINTAS CARAC-  
TERÍSTICAS DEL SEPARADOR NEUMATICO

característica	Y =	r	r <sup>2</sup>
1	- 0.2383 + 0.0376 x	0.9933	0.9866
2	- 0.2383 + 0.0347 x	0.9958	0.9916
3	- 0.2483 + 0.0325 x	0.9961	0.9922
4	- 0.2816 + 0.0297 x	0.9964	0.9928
5	- 0.3633 + 0.0302 x	0.9964	0.9928

CUADRO No . 27

ECUACIONES DE REGRESION Y COEFICIENTES DE CORRELACION  
PARA EL FLUJO DE AIRE CON LAS DISTINTAS CARACTERISTICAS  
DEL SEPARADOR NEUMATICO

característica	Y =	r	r <sup>2</sup>
1	- 1.6355 + 0.1372 x	0.9952	0.9904
2	- 1.9260 + 0.1101 x	0.9737	0.9480
3	- 0.2361 + 0.0783 x	0.9670	0.9350
4	- 0.4117 + 0.0560 x	0.9559	0.9137
5	- 0.4847 + 0.0530 x	0.9703	0.9414

CUADRO No . 28

ECUACIONES DE REGRESION Y COEFICIENTES DE CORRELACION  
PARA LA VELOCIDAD DE ROTACION CON LAS DISTINTAS CARAC-  
TERÍSTICAS DEL SEPARADOR NEUMATICO

característica	Y =	r	r <sup>2</sup>
1	- 4.5333 + 0.3660 x	0.9911	0.9822
2	- 4.8778 + 0.4053 x	0.9851	0.9704
3	- 3.2110 + 0.4008 x	0.9680	0.9372
4	- 3.7555 + 0.4225 x	0.9661	0.9333
5	- 3.4444 + 0.4383 x	0.9564	0.9147

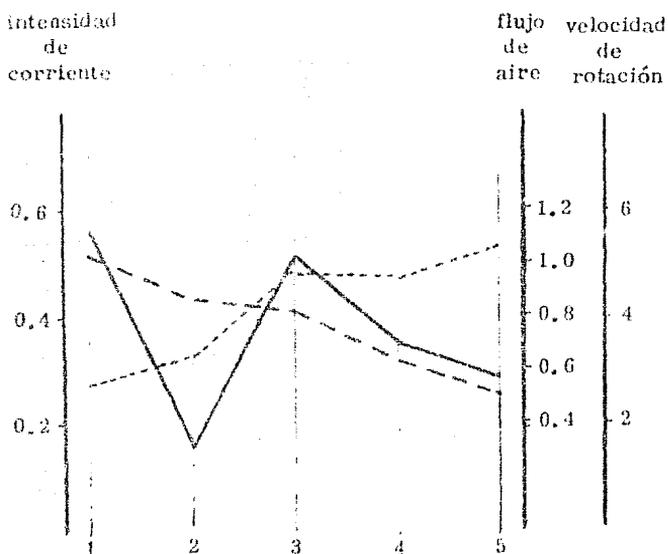
Y= ecuación de regresión

r coeficiente de correlación lineal

r<sup>2</sup> variación de Y con respecto a x

FIGURA No . 10

COMPORTAMIENTO SIMULTANEO DE LA INTENSIDAD DE CORRIENTE  
 FLUJO DE AIRE Y VELOCIDAD DE ROTACION CON LAS DISTINTAS CA  
 RACTERISTICAS DEL SEPARADOR NEUMATICO CON %TM 20



%TM - %de tensión máxima dada por el reóstato

Intensidad de corriente - en amperes - - - - -

flujo de aire - en m/min -----

velocidad de rotación - en rpm x 100 .....

- 1- equipo sin ninguna sección de la columna separadora
- 2- equipo con portamuestras
- 3- equipo con portamuestras y colector
- 4- equipo con portamuestras, colector y tapa del colector
- 5- equipo con portamuestras, sección de 40 cm, colector y tapa del colector

CUADRO No . 29

COMPORTAMIENTO SIMULTANEO DE LA INTENSIDAD DE CORRIENTE,  
FLUJO DE AIRE Y VELOCIDAD DE ROTACION A DISTINTAS CARACTE-  
RISTICAS DEL SEPARADOR NEUMATICO  
CON % TM 20.

característica del equipo	intensidad de corriente ( amperes )	flujo de aire ( m/min)	velocidad de rotación (rpmx100)
1	0.5137	1.1085	2.7879
2	0.4357	0.2760	3.2282
3	0.4029	1.0299	4.8050
4	0.3126	0.7084	4.6945
5	0.2407	0.5753	5.3216

CUADRO No . 30

COMPORTAMIENTO SIMULTANEO DE LA INTENSIDAD DE CORRIENTE,  
FLUJO DE AIRE Y VELOCIDAD DE ROTACION A DISTINTAS CARACTE-  
RISTICAS DEL SEPARADOR NEUMATICO.  
CON % TM 40.

característica del equipo	intensidad de corriente ( amperes )	flujo de aire ( m/min)	velocidad de rotación (rpmx100)
1	1.2657	3.8525	10.1095
2	1.1297	2.4780	11.3342
3	1.0541	2.8959	12.8210
4	0.9068	1.8286	13.1445
5	0.8447	1.6353	14.0876

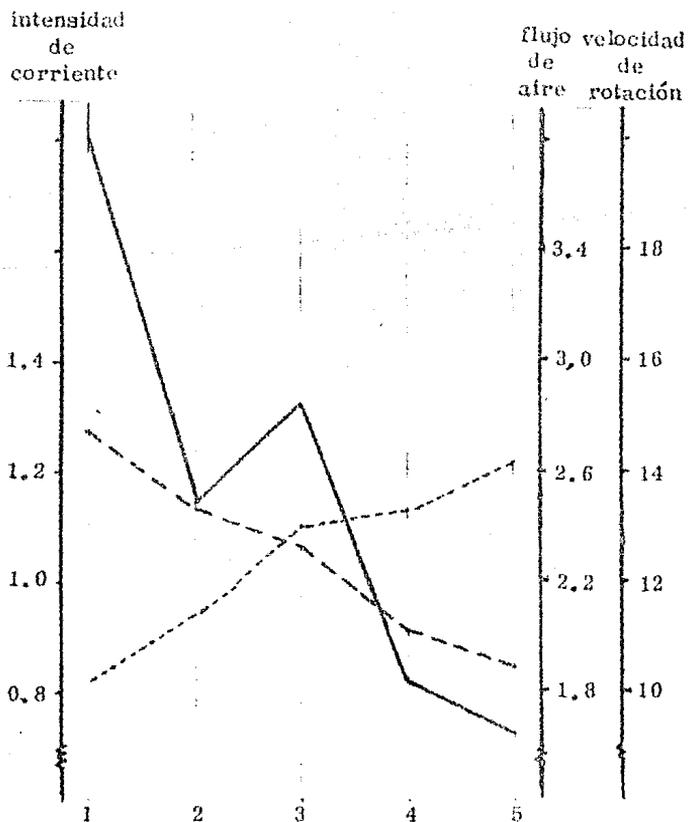
CUADRO No . 31

COMPORTAMIENTO SIMULTANEO DE LA INTENSIDAD DE CORRIENTE,  
FLUJO DE AIRE Y VELOCIDAD DE ROTACION A DISTINTAS CARACTE-  
RISTICAS DEL SEPARADOR NEUMATICO  
CON % TM 60.

característica del equipo	intensidad de corriente ( amperes )	flujo de aire ( m/min)	velocidad de rotación (rpmx100)
1	2.0177	6.5965	17.4303
2	1.8237	4.6800	19.4402
3	1.7053	4.4619	20.8370
4	1.5010	2.9488	21.5945
5	1.4487	2.6953	22.8536

FIGURA No . 11

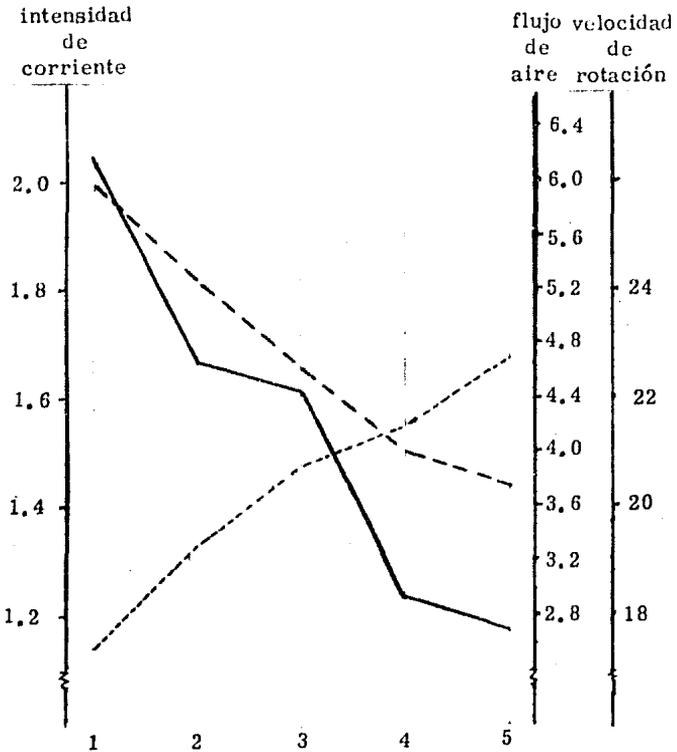
COMPORTAMIENTO SIMULTANEO DE LA INTENSIDAD DE CORRIENTE  
 FLUJO DE AIRE Y VELOCIDAD DE ROTACION CON LAS DISTINTAS CA  
 RACTERISTICAS DEL SEPARADOR NEUMATICO CON %TM 40



%TM- % de tensión máxima  
 intensidad de corriente-en amperes - - - - -  
 flujo de aire- en m/min —————  
 velocidad de rotación- en rpm x 100 - - - - -

FIGURA No . 12

COMPORTAMIENTO SIMULTANEO DE LA INTENSIDAD DE CORRIENTE  
 FLUJO DE AIRE Y VELOCIDAD DE ROTACION CON LAS DISTINTAS CA  
 RACTERISTICAS DEL SEPARADOR NEUMATICO CON %TM 60



% TM - % de tensión máxima  
 intensidad de corriente - en amperes - - - - -  
 flujo de aire - en m/min - - -  
 velocidad de rotación - en rpm x 100 - - - - -

Si se comparan las diferencias de las características inicial y final ( la característica No. 1 que corresponde al equipo sin ninguna sección de la columna separadora menos la característica No. 5 que es el equipo con portamuestras, colector tapa del colector y - sección separadora de 40 cm ) se nota un aumento al variarse el % de Tensión Máxima; por ejemplo: para el % de TM de 20, la diferencia de estas dos características es de 0.2730 amperes, para % de TM de 40, esta cantidad casi se duplica, correspondiendole un valor de 0.421 amperes, y para el % de TM de 60 el valor se triplica con respecto al de 40, esta diferencia es de 1.5690 amperes.

- Comportamiento de la velocidad de rotación.

La velocidad de rotación aumenta conforme se aumenta la longitud de la columna separadora, independientemente del % de TM, puesto que se tiene mayor resistencia del flujo de aire; se observó un aumento de la velocidad de rotación al aumentar el % de TM; para %TM 20, la velocidad de la característica No. 1 fué de 2.7879, para % de TM 40, las revoluciones por minuto ( x 100 ) fueron de 10.109 y para % TM de 60 el valor corresponde a 17.4303 rpm x 100, estos valores pueden consultarse en los cuadros Nos. 29, 30 y 31.

La diferencia de las características 1 menos la 5 en la velocidad de rotación varió de la siguiente forma:

A % TM de 20, la diferencia fué de 2.5337 rpm x 100

A % TM de 40, la diferencia fué de 3.9781 rpm x 100

Y a % TM de 60, la diferencia fué de 5.4233 rpm x 100.

A diferencia de la intensidad de corriente, el aumento de estas diferencias no fué tan grande a distintos valores de % TM.

- Comportamiento del flujo de aire

El flujo de aire no aumenta al aumentar las secciones de la columna separadora, se tiene un comportamiento distinto, ya que el flujo de aire disminuye cuando se pasa de equipo sin secciones (característica No. 1) a equipo con portamuestras (característica No. 2), ya que se tiene un impedimento al paso del aire por la malla que forma parte del portamuestras; hay un aumento en el flujo de aire cuando se tiene el colector, y esto puede explicarse puesto que la medición del flujo de aire se hace en la parte superior del tubo, a la salida del aire y como se recordará tenemos la presencia de mamparas o colectores que dirigen al aire en una sola dirección (esto puede interpretarse como un aumento en la presión o como una "concentración" del aire en la parte central del tubo o sección separadora).

Como puede observarse en las figuras Nos. 9, 10 y 11, hay una disminución del flujo de aire al colocarse la tapa del colector (característica No. 4) que también es una malla que impide la libre sa-

lida del aire y también una mayor disminución del flujo al colocarse la sección de 40 cm entre portamuestras y colector con tapa (característica No. 5).

Como era de esperarse, el flujo de aire también aumenta si se compara la característica No. 1 en los tres % de TM presentados, para % TM 20 corresponde un valor de 1.1085 m/min, para % TM 40 es de 3.8525 y para % TM 60, 6.5965 m/min; aumento similar al presentado en la velocidad de rotación.

No se consideró adecuado determinar las diferencias de las características 1 menos la 5, ya que el comportamiento del flujo de aire es diferente al de la intensidad de corriente y de la velocidad de rotación; si se observa la figura No. 9 y el cuadro No. 29, las diferencias de esta característica no son muy significativas, en cambio, hay una disminución considerable entre la característica 1 y la 2 con un aumento - casi igual a ésta disminución entre 2 y 3, a diferencia del comportamiento para % TM de 40 (fig 10 y cuadro 30) en donde la disminución de 1 a 2 es grande de 2 a 3 no es ni la mitad de la disminución anterior, la diferencia de 1 menos 5 puede ser considerable al igual que a %TM 60 en donde la tendencia del flujo de aire es a disminuir sin presentarse un aumento; por lo tanto se consideró tiene mejor estabilidad de condiciones en % TM de 60 que a 40 y a 20.

## 2 - ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES PRESENTES DENTRO DE CADA MUESTRA EN LAS VARIEDADES - INVESTIGADAS.

### 2.1 - Análisis de la variación en el peso de 1000 granos de Arroz Palay.

En general esta determinación, en conjunto con la de peso de 1000 granos de arroz moreno, son utilizadas para conocer el % de cascarilla presente en cada variedad.

El cuadro No. 32 muestra los promedios obtenidos para cada variedad ( no se incluyeron las desviaciones estandar ni los coeficientes de variación puesto que sólomente se manejaron tres datos y no es un tamaño de muestra adecuado para hacer estas determinaciones ) en donde la variedad Navolato ( tanto muestras puras como comerciales ) presentan promedios semejantes.

Dentro de la variedad Morelos A-70 ( muestra comercial ) el primer valor es superior a comparación de los otros promedios presentes dentro de el muestreo, en variedad proveniente de Centros de Investigación los resultados de los promedios son homogéneos.

Las variedades Jojutla x Nailand y Culiacán A-82 son diferentes, pero presentan valores promedios semejantes en el peso de 1000 granos de arroz palay.

## CUADRO No . 32

PROMEDIOS DE PESO DE 1000 GRANOS DE ARROZ PALAY  
DE LAS DISTINTAS MUESTRAS EN LAS VARIEDADES ANALIZADAS .

VARIEDAD	lote	$\bar{x}$ ( gr )
Navolato A-71 comercial	1	17.8575
	2	17.7133
	3	17.5636
Navolato A-71 pura	1	17.5020
	2	17.8610
	3	16.2146
Morelos A-70 comercial	1	32.6000
	2	31.5866
	3	31.2846
Morelos A-70 pura	1	29.6556
	2	29.7746
	3	30.3246
Jojutla x Nailand	1	20.9296
	2	21.4473
	3	21.7873
Culiacán A-82	1	21.7460
	2	20.7820
	3	19.6396

Puede decirse que la variedad Morelos A-70 presenta mayor peso de 1000 granos de arroz palay, continúan en orden decreciente las variedades Jojutla x Nailand, Culiacán A-82 y Navolato A-71 en donde la muestra de Centros de Investigación presenta mayor peso que las muestras procedentes de molinos comerciales.

## 2.2 - Análisis de la variación en peso de 1000 granos de Arroz Moreno.

Como se mencionó anteriormente, se utiliza esta determinación para conocer el % de cascarilla presente en cada variedad.

En lo que respecta a los datos presentados en el cuadro No. 33, tenemos comportamientos semejantes a los del peso de 1000 granos en arroz palay, y en general, puede decirse que se tiene menor variación dentro de cada muestra.

En la variedad Navolato A-71 de molinos comerciales se ve mayor peso de 1000 granos de arroz moreno que en muestras de Centros de Investigación, a diferencia del arroz palay; en Morelos A-70 comercial el primer dato continúa siendo el disparado y los datos no son semejantes a los de Centros de Investigación.

La variedad Culiacán A-82 presentó menor homogeneidad en los valores promedios.

## CUADRO No . 33

PROMEDIOS DE PESO DE 1000 GRANOS DE ARROZ MORENO  
DE LAS DISTINTAS MUESTRAS EN LAS VARIEDADES ANALIZADAS.

VARIEDAD	lote	$\bar{x}$ ( gr )
Navolato A-71 comercial	1	17.8750
	2	17.7133
	3	17.5636
Navolato A-71 pura	1	17.5020
	2	17.8610
	3	16.2146
Morelos A-70 comercial	1	32.6000
	2	31.5866
	3	31.2846
Morelos A-70 pura	1	29.6556
	2	29.7746
	3	30.3246
Jojutla x Nailand	1	21.7460
	2	20.7820
	3	19.6396
Culiacán A-82	1	20.9296
	2	21.4473
	3	21.7873

### 2.3 - Análisis de la variación en % de cascarilla.

Para analizar estos resultados, es necesario consultar el cuadro No. 34 en donde se muestran los promedios de los porcentajes de cascarilla de las muestras correspondientes a cada variedad.

En la sección 1.1 de la Introducción, se mencionó que el rango de valores correspondientes al % de cascarilla varía de 16 a 21%, por lo tanto, sólomente la variedad Navolato A-71 de molinos comerciales y la variedad Morelos A-70 también comercial caen dentro de este rango; la variedad Morelos A-70 pura presenta el primer valor de promedios desviado hacia arriba ( 22.9007 ) y los otros dos valores se desvían solo un poco.

Morelos A-70, muestras puras, tienen valores superiores a los rangos obtenidos en bibliografía al igual que la variedad Culiacán A-82 en donde el tercer valor es muy elevado ( 25.6731 % de cascarilla ).

### 2.4 - Análisis de la variación en peso de 1000 granos de Arroz Blanco.

En conjunto con el peso de 1000 granos de arroz moreno, el peso de 1000 granos de arroz blanco son utilizados para conocer el % de salvado presente en cada variedad.

CUADRO No . 34

PROMEDIOS DEL % DE CASCARILLA EN LAS DISTINTAS VARIEDADES  
ANALIZADAS.

VARIEDAD	lote	$\bar{x}$ (%)
Navolato A-71 comercial	1	19.7243
	2	20.3974
	3	20.2440
Navolato A-71 pura	1	22.9007
	2	21.0757
	3	21.7985
Morelos A-70 comercial	1	21.1772
	2	19.2301
	3	20.3405
Morelos A-70 pura	1	23.1456
	2	23.2703
	3	21.9025
Jojutla x Nailand	1	21.8084
	2	22.1301
	3	21.2595
Culiacán A-82	1	22.7741
	2	22.1240
	3	25.6731

Como se ve en el cuadro No. 35, se presenta la misma tendencia que en peso de 1000 granos de arroz moreno; la variedad Navolato A-71 comercial tiene mayor peso en arroz blanco, aunque el primer valor esté desviado; las muestras puras de esta misma variedad, el tercer dato es el elevado.

En variedad Morelos A-70 comercial, el primer valor en arroz blanco y en arroz moreno presenta discrepancia ya que en moreno este es el valor superior y en blanco es el inferior.

El peso de 1000 granos de arroz blanco en Culiacán A-82 no se reporta el tercer valor, pero se presenta la misma tendencia que en Morelos comercial, el primer valor en moreno es inferior al segundo, y en blanco el primero es superior al segundo.

#### 2.5 - Análisis de la variación en % de salvado.

Como se esperaba, los % de salvado no son homogéneos, se tienen valores de 2 hasta 23 % que no corresponden a los rangos citados en bibliografía ( de 6 a 12% ), el cuadro No. 36 muestra estas variaciones.

Puede decirse que la variedad Navolato A-71 comercial, Morelos A-70 pura y Jojutla x Nailand tienen - dentro de cada variedad - valores promedios semejantes aunque comparandolos presentan grandes variaciones ( Navolato A-71 comercial de 9 a 10.2%, las muestras de la

CUADRO No . 35

PROMEDIOS DE PESO DE 1000 GRANOS DE ARROZ BLANCO  
DE LAS DISTINTAS MUESTRAS EN LAS VARIEDADES ANALIZADAS.

VARIEDAD	lote	$\bar{x}$ ( gr )
Navolato A-71 comercial	1	16.1863
	2	15.9640
	3	15.7733
Navolato A-71 pura	1	15.1570
	2	15.2500
	3	15.8380
Morelos A-70 comercial	1	26.5926
	2	28.3523
	3	28.6760
Morelos A-70 pura	1	22.7380
	2	22.9793
	3	24.3283
Jojutla x Nailand	1	17.5550
	2	17.9946
	3	18.1426
Culiacán A-82	1	18.9483
	2	17.3953
	3	-

## CUADRO No . 36

PROMEDIOS DEL % DE SALVADO EN LAS DISTINTAS VARIEDADES  
ANALIZADAS.

VARIEDAD	lote	$\bar{x}$ (%)
Navolato A-71 comercial	1	9.4417
	2	9.8697
	3	10.1590
Navolato A-71 pura	1	13.3981
	2	14.5685
	3	2.3226
Morelos A-70 comercial	1	18.4251
	2	10.2381
	3	8.3991
Morelos A-70 pura	1	23.3190
	2	22.8199
	3	19.7701
Jojutla x Nailand	1	16.1237
	2	16.0980
	3	16.7275
Culiacán A-82	1	12.8550
	2	16.2920
	3	-

variedad Morelos A-70 de Centros de Investigación de 19 a 23% y Jojutla x Nalland de 6.1 a 16.9%).

## 2.6 - Rendimiento en Molinería.

Fué necesario llevar a cabo la elaboración de las muestras para la obtención del peso de 1000 granos de arroz moreno y el peso de 1000 granos de arroz blanco; y puede decirse que todas las muestras procedentes de Centros de Investigación (muestras puras) dieron bajos rendimiento molinero, motivo por el cual aumentó el % de salvado. El rendimiento molinero es el rendimiento de arroz blanco total y el rendimiento de arroz blanco entero. No se considero necesaria la presentación de los resultados antes mencionados.

## 2.7 - Análisis de la variación del % de germen en arroz moreno.

Los resultados del % de germen en arroz moreno con respecto al peso inicial de 50 granos se ptesentan en el cuadro No. 37 y el % de germen en arroz moreno en base al peso de 50 granos de arroz final se presentan en el cuadro No. 38. (Para recordar los cálculos ver la sección de materiales y métodos, específicamente el cuadro No. 15).

Como se recordará, la única diferencia es en el peso de los 50 granos empleados, en la cual, en el peso final, se toman en cuenta las pérdidas de salvado al momento de desgerminar; y en peso inicial

## CUADRO No . 37

PORCIENTO DE GERME EN ARROZ MORENO EN BASE AL PESO  
INICIAL DE 50 GRANOS DE ARROZ DESGERMINADO

VARIEDAD	lote	$\bar{x}$ (%)	s	c.v.
Navolato A-71 comercial	1	2.5423	0.3375	13.2766
	2	2.2821	0.1803	7.9045
	3	2.4064	0.1646	6.8420
Navolato A-71 pura	1	2.2183	0.6069	27.3599
	2	2.0091	0.3087	15.3660
	3	2.1149	0.2148	10.1575
Morelos A-70 comercial	1	1.8321	0.1528	8.3423
	2	2.4104	0.0709	2.9442
	3	2.2504	0.1909	8.4869
Morelos A-70 pura	1	2.5549	0.1719	6.7297
	2	2.4656	0.1948	7.9035
	3	2.5389	0.1004	3.9553
Jojutla x Nailand	1	2.3323	0.2695	11.5556
	2	2.5270	0.2840	11.2388
	3	2.3222	0.1962	8.4515
Culiacán A-82	1	2.0702	0.1750	8.4549
	2	2.1056	0.2091	9.9308
	3	2.3707	0.2384	10.0570

## CUADRO No . 38

PORCIENTO DE GERME EN ARROZ MORENO EN BASE AL PESO  
FINAL DE 50 GRANOS DE ARROZ DESGERMINADO

VARIEDAD	lote	$\bar{x}$ (%)	s	c. v.
Navolato A-71 comercial	1	2.5512	0.3369	13.2078
	2	2.3175	0.1581	6.8245
	3	2.2337	0.1738	7.2910
Navolato A-71 pura	1	2.2447	0.6011	27.1172
	2	2.0172	0.3107	15.4048
	3	2.1201	0.2133	10.0625
Morelos A-70 comercial	1	1.8370	0.1532	8.3427
	2	2.4119	0.0713	2.9576
	3	2.2562	0.1920	8.5135
Morelos A-70 pura	1	2.5590	0.1700	6.6454
	2	2.4697	0.1924	7.7931
	3	2.5670	0.1361	5.3037
Jojutla por Nailand	1	2.3374	0.2740	11.7252
	2	2.5336	0.2824	11.1488
	3	2.3292	0.1927	8.2732
Culiacán A-82	1	2.0751	0.1736	8.3689
	2	2.1104	0.2070	9.8050
	3	2.3736	0.2385	10.0492

no se toman en cuenta.

Si se comparan estos dos cuadros se ve que las variaciones son mínimas ( de centésimas o de milésimas ) en los promedios y los coeficientes de variación son casi los mismos al igual que los valores de las desviaciones.

Los resultados obtenidos muestran una uniformidad marcada dentro de lo que es el % de germen en arroz moreno, todas las variedades y todas las muestras de cada variedad, presentan un porcentaje de germen en arroz moreno de 2 a 2.5%, sin importar si los cálculos se realizaron con respecto al peso inicial o al peso final de 50 granos - empleados para esta evaluación, ya que las pérdidas de salvado durante la desgerminación son casi nulas.

#### 2.8 - Análisis de la variación del % de germen en arroz palay.

Los cuadros 39 y 40 muestran los resultados del % de germen en arroz palay con respecto al peso inicial de 50 granos de arroz moreno y con el peso final de 50 granos de arroz moreno respectivamente.

El análisis de estos resultados es semejante al del % de germen en arroz moreno pero ahora los valores disminuyeron en cuanto al %, de 1.5 a 2.1% debido al tipo de cálculos realizados.

## CUADRO No . 39

PORCIENTO DE GERMEN EN ARROZ PALAY EN BASE AL  
PESO INICIAL DE 50 GRANOS DE ARROZ DESGERMINADO.

VARIEDAD	lote	$\bar{x}$ (%)	s	c.v.
Navolato A-71 comercial	1	1.9780	0.2625	13.2745
	2	1.7727	0.1403	7.9045
	3	1.8355	0.1291	7.0360
Navolato A-71 pura	1	1.7142	0.4690	27.3592
	2	1.5511	0.2383	15.3664
	3	1.6209	0.1646	10.1584
Morelos A-70 comercial	1	1.4111	0.1177	8.3447
	2	1.8666	0.0549	2.9451
	3	1.7342	0.1471	8.4848
Morelos A-70 pura	1	2.0060	0.1350	6.7308
	2	1.9275	0.1523	7.9035
	3	2.0030	0.0740	3.6992
Jojutla x Nailand	1	1.8730	0.2164	11.5560
	2	1.9518	0.2193	11.2388
	3	1.8023	0.1522	8.4468
Culiacán A-82	1	1.6305	0.1379	8.4573
	2	1.6381	0.1626	9.9308
	3	1.8470	0.1848	10.0100

CUADRO No . 40

PORCIENTO DE GERME EN ARROZ PALAY EN BASE AL  
PESO FINAL DE 50 GRANOS DE ARROZ DESGERMINADO.

VARIEDAD	lote	$\bar{x}$ (%)	s	c.v.
Navolato A-71 comercial	1	1.8471	0.2621	13.2080
	2	1.8002	0.1228	6.8236
	3	1.8423	0.1282	6.9604
Navolato A-71 pura	1	1.7284	0.4719	27.0468
	2	1.5574	0.2399	15.4058
	3	1.6249	0.1635	10.0622
Morelos A-70 comercial	1	1.4149	0.1180	8.3439
	2	1.8678	0.0552	2.9582
	3	1.7387	0.1479	8.5117
Morelos A-70 pura	1	2.0092	0.1335	6.6461
	2	1.9310	0.1501	7.7738
	3	2.0062	0.0747	3.7265
Jojutla x Nailand	1	1.8771	0.2200	11.7247
	2	1.9569	0.2181	11.1489
	3	1.8076	0.1495	8.2731
Culiacán A-82	1	1.6344	0.1367	8.3694
	2	1.6418	0.1610	9.8098
	3	1.8524	0.1852	10.0003

Como puede observarse en los cuadros anteriores, se presenta similitud en los coeficientes de variación ( C.V. ) de el % de germen en arroz moreno y en el % de germen en arroz palay, aunque las desviaciones estandar ( S ) no son semejantes.

Las muestras de la variedad Morelos A-70 puras presentan un porcentaje de germen en palay superior, continuando con la variedad Navolato A-71 comercial; las otras muestras presentan porcentajes semejantes, y en comparación con los cuadros Nos. 38 y 39, los porcentajes de germen en arroz moreno, son todos parecidos, puede decirse que ninguno de los promedios por variedad es superior a las otras variedades analizadas.

#### 2.9 - Análisis de la variación en las dimensiones del germen de arroz.

Las dimensiones del germen se tomaron conforme a las figuras No. 12 y No. 13 en donde se muestra la sección longitudinal del grano de arroz moreno y del germen donde se efectuaron estas mediciones ( fig. 12 ) y el ancho de germen - que en este caso correspondería al espesor del grano - donde también se midió el germen ( fig. 13 ); el cuadro No. 41 contiene los resultados de las longitudes y el cuadro No. 42 los resultados del ancho del germen de arroz.

Como podrá recordarse en el cuadro No. 16 ( Presenta-

ción de los resultados de las mediciones en germen de arroz ), se contó con un gran número de datos, por lo tanto, en los cuadros 41 y 42 sólo se muestran los promedios de promedios ( $\bar{\bar{x}}$ ), las desviaciones estandar de los promedios ( $\bar{s}$ ) y los coeficientes de variación totales ( $\bar{c.v.}$ ) de las dimensiones de germen de arroz, pero se discutirán tanto los resultados parciales ( que no se presentan ) como los resultados totales ( que son los que aparecen en los cuadros mencionados ).

#### 2.9.1 - Largo del germen de arroz.

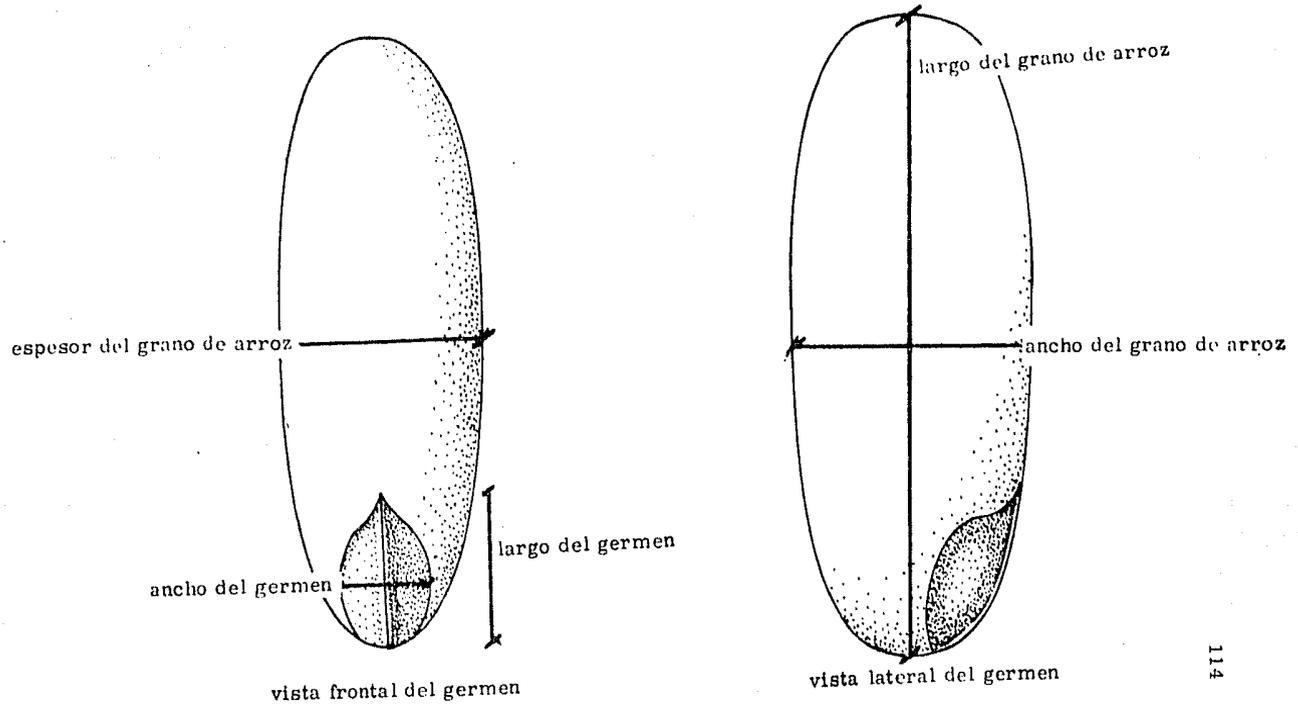
En lo que respecta al largo del germen, cada variedad presentó longitudes distintas, al igual que las muestras que conforman el análisis de estas variedades.

- Navolato A-71. En las muestras de variedad pura se encontraron diferencias parciales ( promedios, desviaciones y coeficientes de variación ) menores que en las muestras comerciales, lo que trajo como consecuencia que los coeficientes de variación totales (  $\bar{C.V.}$  ) fuesen mayores para muestras obtenidas en molinos comerciales.

- Morelos A-70. En ambas muestras ( muestras de Centros de Investigación y muestras de molinos comerciales), no se encontraron diferencias altas en los promedios de las 6 muestras analizadas; y por lo tanto los coeficientes de variación totales que pueden observarse en el cuadro No. 41, son pequeños, dando a entender que las variacio

FIGURA N o . 13

"VISTA FRONTAL Y LATERAL DEL GERMEN DE ARROZ"



CUADRO No . 41

## PROMEDIOS DEL LARGO EN LAS DIMENSIONES DEL GERMEN

VARIEDAD	lote	$\bar{x}$ (mm)	$\bar{s}$	c. v.
Navolato A-71 comercial	1	1.7637	0.0480	2.7264
	2	1.5387	0.0714	4.6402
	3	1.7787	0.0760	4.2755
Navolato A-71 pura	1	1.5225	0.0399	2.6213
	2	1.7125	0.0296	1.7308
	3	1.6762	0.0417	2.4892
Morelos A-70 comercial	1	2.2150	0.0185	0.8359
	2	2.2712	0.0352	1.5510
	3	2.2325	0.0443	1.9852
Morelos A-70 pura	1	2.2775	0.0483	2.1220
	2	2.2587	0.0364	1.6126
	3	2.1800	0.0507	2.3261
Jojutla x Nailand	1	1.9800	0.0311	1.5741
	2	1.9762	0.0250	1.2668
	3	1.8762	0.0381	2.0332
Culiacán A-82	1	1.8300	0.0414	2.2625
	2	1.7900	0.0971	5.4246
	3	1.8237	0.0366	2.0079

nes dentro de las muestras con respecto a los promedios de promedios no son grandes, pero se detectó mayor diferencia entre las muestras puras.

- Jojutla x Nailand. El largo del germen en esta variedad presentó algunas variaciones sobre todo en la tercer muestra, por eso, aunque el coeficiente de variación total no es alto, es el más grande de estas tres muestras.

- Culiacan A-82. La segunda muestra es un poco heterogénea, se presentaron variaciones de 0,80 mm que trajeron como consecuencia un valor elevado en el coeficiente de variación total, pero el tamaño longitudinal del germen en promedio ( promedio de promedios ) no es muy diferente.

#### 2.9.2 - Ancho del germen.

Al igual que en el largo del germen, se presentaron variaciones dentro de cada muestra y por lo tanto también variaciones - en cada variedad, esto se probará en la siguiente sección, donde se estudiarán las variaciones dentro de cada variedad y posteriormente, la comparación entre variedad pura y variedad comercial.

- Navolato A-71. Se presentó mayor variación en los promedios de variedad comercial que en muestras de Centros de Investigación ( muestras puras ), al igual que los coeficientes de variación parcial

CUADRO No. 42

## PROMEDIOS DEL ANCHO EN LAS DIMENSIONES DEL GERMEN

VARIEDAD	lote	$\bar{x}$ (mm)	$\bar{s}$	c.v.
Navolato A-71 comercial	1	1.0675	0.0503	4.7171
	2	0.9750	0.0453	4.6518
	3	1.0787	0.0488	4.5261
Navolato A-71 pura	1	0.9975	0.0212	2.1266
	2	1.0087	0.0274	2.7245
	3	1.0525	0.0218	2.0785
Morelos A-70 comercial	1	1.2937	0.0302	2.3348
	2	1.3037	0.0362	2.7787
	3	1.2425	0.0446	3.5928
Morelos A-70 pura	1	1.3050	0.0495	3.7984
	2	1.3062	0.0292	2.2389
	3	1.2675	0.0198	1.5637
Jojutla x Nailand	1	1.1300	0.0320	2.8381
	2	1.1487	0.0372	3.2384
	3	1.1137	0.0385	3.4587
Culiacán A-82	1	1.0912	0.0364	3.3379
	2	1.0662	0.0611	5.7363
	3	1.1137	0.0176	1.5872

les y totales en el ancho del germen; como puede verse en el cuadro No. 41, las muestras de variedad comercial tienen dimensiones un poco mayores a las muestras puras .

- Morelos A-70. En muestras obtenidas de molinos comerciales de ésta variedad, la tercer muestra presentó mayor variación entre los valores promedios, y por lo tanto, esta repercutió en los valores de los coeficientes de variación totales, a diferencia de las muestras de Centros de Investigación en donde la primer muestra fué la que presentó estas variaciones.

- Jojutla x Nailand. Las muestras primera y tercera de esta variedad mostraron coeficientes de variación individuales elevados pero no en todas las determinaciones, puede decirse que se presentó homogenidad en el ancho del germen en ésta variedad.

- Culiacán A-82. Al igual que la longitud del germen, la segunda muestra de esta variedad, el coeficiente de variación total es el que presenta mayor %, y es debido a las diferencias encontradas en los promedios .

Puede decirse que aunque los porcentajes de germen en arroz moreno sean iguales para todas las variedades evaluadas, las dimensiones -en general- del germen son mayores en la variedad Morelos A-70, continuando con Jojutla, Culiacán y Navolato A-71.

### 3 - ANALISIS DE LAS VARIACIONES PRESENTES EN CADA VARIEDAD.

En la sección anterior se estudiaron las variaciones presentes en las muestras, en esta parte, se estudian las variaciones en cada variedad, tanto de muestras puras como comerciales; para esto fue necesario realizar Análisis de Varianza en los cuales se determinó si había diferencias entre las medias de las muestras o tratamientos o no. (La metodología puede consultarse en el Anexo).

#### 3.1 - Comparación dentro de cada variedad en el % de cascarilla.

Como se sabe, el % de cascarilla es la diferencia entre el peso de 1000 granos de arroz palay y el peso de 1000 granos de arroz moreno, por lo tanto se creyó conveniente eliminar los análisis estadísticos para estos dos pesos mencionados.

Si se recurre al cuadro No. 43, donde pueden observarse los resultados del Análisis de Varianza para cada variedad en relación al % de cascarilla, se ve que la variedad Morelos A-70 comercial (muestras obtenidas de molinos comerciales) detectó diferencias altamente significativas, por lo tanto, la diferencia entre las medias es muy alta y no puede considerarse que las muestras fueran homogéneas o iguales.

CUADRO No . 43

SIGNIFICANCIA ENTRE MEDIAS EN EL ANALISIS DE VARIANZA PARA % DE CASCARILLA

VARIEDAD	$\bar{x}$ muestra 1	$\bar{x}$ muestra 2	$\bar{x}$ muestra 3	significancia
Navolato A-71 comercial	19.7243	20.3974	20.2440	n. s.
Navolato A-71 pura	22.9007	21.0757	21.7985	n. s.
Morelos A-70 comercial	21.1772	19.2301	20.3405	* *
Morelos A-70 pura	23.1456	23.2703	21.9025	n. s.
Jojutla x Nailand	21.8084	22.1301	21.2595	n. s.
Culiacán A-82	22.7741	22.1240	25.6731	*

$\bar{x}$  en % de cascarilla

n. s. diferencia no significativa

\* diferencia significativa

\*\* diferencia altamente significativa

La variedad Culiacán A-82 sólo muestra diferencias significativas ( en donde  $\alpha$  es igual a 5% ) por lo tanto, las medias de los tratamientos pueden considerarse diferentes pero no altamente diferentes, ésto es necesario para posteriormente determinar si existe diferencia entre muestras provenientes de Centros de investigación ( muestras puras) y muestras obtenidas de molinos comerciales.

Navolato A-71 muestras puras y comerciales, Morelos A-70 pura y Jojutla x Nailand, no presentaron diferencias en el Análisis de Varianza realizado para el % de cascarilla, queriendo decir que se consideran iguales las medias en el % de cascarilla para las tres muestras analizadas en cada una de éstas variedades.

### 3.2 - Comparación dentro de cada variedad en el % de salvado.

Recordando que el % de salvado es la diferencia entre el peso de 1000 granos de arroz moreno y 1000 granos de arroz blanco y revisando el cuadro No. 44, podemos decir que sólomente la variedad Navolato A-71 comercial no presentó diferencias significativas entre las medias de los tratamientos ( los tratamientos son consideradas las muestras de cada variedad, tomando en cuenta que a cada muestra le corresponden 8 datos ) al igual que Jojutla x Nailand y Culiacán A-82, Navolato A-71 pura y Morelos A-70 comercial presentaron diferencias altamente significativas que pueden decirnos -estas diferencias- que los tres tratamientos -

CUADRO No . 44

SIGNIFICANCIA ENTRE MEDIAS EN EL ANALISIS DE VARIANZA PARA % DE SALVADO

VARIEDAD	$\bar{x}$ muestra 1	$\bar{x}$ muestra 2	$\bar{x}$ muestra 3	significancia
Navolato A-71 comercial	9.4417	9.8697	10.1590	n. s.
Navolato A-71 pura	13.3981	14.5685	2.3226	**
Morelos A-70 comercial	18.4251	10.2381	8.3991	**
Morelos A-70 pura	23.3190	22.8199	19.7701	*
Jojutla x Nailand	16.1237	16.0980	16.7275	n. s.
Culiacán A-82	12.8550	16.2920	-	n. s.

$\bar{x}$  es % de salvado

n. s. diferencia no significativa

\* diferencia significativa

\*\* diferencia altamente significativa

son diferentes o que las medias de estos tres tratamientos no se deben considerar iguales; para saber cual de ellas es la diferente, se realizaron las pruebas DMSH ( diferencia mínima significativa honesta ), que se verán en continuación a esta sección.

La medias en la variedad Morelos A-70 pura sólo detecto diferencias significativas.

### 3.3 - Comparación dentro de cada variedad en el % de germen en arroz moreno en base al peso final de 50 granos de arroz desgerminado.

No se consideró necesario presentar los datos en base al peso inicial de 50 granos desgerminados ya que las diferencias son mínimas entre estos y los datos utilizados para este análisis.

La variedad Morelos A-70 para muestra puras y comerciales, presentaron diferencias entre las medias altamente significativas y si se recurre al cuadro No. 45 pueden verse que los promedios mostrados por ejemplo, para muestras puras, no son a simple vista diferentes, por lo tanto, el análisis de varianza determina si pueden considerarse iguales a las medias o no.

La variedad Culiacán A-82 muestra diferencias significativas y las otras variedades analizadas no presentaron estas diferencias entre las medias pudiendose decir, que el promedio del % de germen en

CUADRO No . 45

SIGNIFICANCIA ENTRE MEDIAS EN EL ANALISIS DE VARIANZA PARA % DE GERMEN EN  
ARROZ MORENO CON RESPECTO AL PESO FINAL DE  
50 GRANOS DE ARROZ DESGERMINADO

VARIEDAD	$\bar{x}$ muestra 1	$\bar{x}$ muestra 2	$\bar{x}$ muestra 3	significancia
Navolato A-71 comercial	2.5512	2.3175	2.3837	n. s.
Navolato A-71 pura	2.2447	2.0172	2.1201	n. s.
Morelos A-70 comercial	1.8370	2.4119	2.2562	**
Morelos A-70 pura	2.5590	2.4697	2.5670	**
Jojutla x Nailand	2.3374	2.5336	2.3292	n. s.
Culiacán A-82	2.0751	2.1104	2.3736	*

$\bar{x}$  en % de germen

n. s. diferencia no significativa

\* diferencia significativa

\*\* diferencia altamente significativa

arroz moreno es igual en estas muestras de la variedad analizada.

3.4 - Comparación dentro de cada variedad en el % de germen en arroz palay con respecto al peso final de 50 granos de arroz desgerminado.

En la variedad Morelos A-70 pura ya no se presentaron las diferencias altamente significativas entre las medias de las muestras en comparación a las presentadas en el % de germen en arroz moreno, y es debido a los cálculos; pero en la variedad Culiacán A-82 y Morelos A-70 comercial, siguen presentandose. En Navolato A-71, mn estras puras y comerciales no se presenta diferencia entre las medias de los tratamientos al igual que en Jojutla x Nailand como se muestra en el cuadro No. 46.

3.5 - Comparación dentro de cada variedad en las dimen siones del germen de arroz.

Para la realización del Análisis de Varianza en el largo y en el ancho del germen de arroz, se utilizaron los datos promedio de los cuadros como el mostrado con el No. 16 y no los promedios de promedios que se presentaron en la sección del análisis de variación dentro de cada muestra ( sección 2.9 de resultados y discusión ).

3.5.1 - Largo del germen de arroz.

El cuadro No. 47 nos muestra que cuatro de las seis va

CUADRO No. 46

SIGNIFICANCIA ENTRE MEDIAS EN EL ANALISIS DE VARIANZA PARA % DE GERME EN  
ARROZ PALAY CON RESPECTO AL PESO FINAL DE  
50 GRANOS DE ARROZ DESGERMINADO

VARIEDAD	$\bar{x}$ muestra 1	$\bar{x}$ muestra 2	$\bar{x}$ muestra 3	significancia
Navolato A-71 comercial	1.8471	1.8002	1.8423	n. s.
Navolato A-71 pura	1.7284	1.5574	1.6249	n. s.
Morelos A-70 comercial	1.4149	1.8678	1.7387	* *
Morelos A-70 pura	2.0092	1.9310	2.0062	n. s.
Jojutla x Nailand	1.8771	1.9569	1.8076	n. s.
Culiacán A-82	1.6344	1.6418	1.8524	*

$\bar{x}$  en % de germen

n. s. diferencia no significativa

\* diferencia significativa

\*\* diferencia altamente significativa

riedades analizadas ( Navolato A-71 comercial y pura; Morelos A-70 pura y Jojutla x Nailand ) presentaron diferencias altamente significativas en la longitud del germen de arroz, la variedad Morelos A-70 comercial presentó diferencias significativas, a diferencia de la variedad Culiacán A-82 en donde las medias de los tratamientos no presentaron diferencias significativas.

### 3.5.2 - Ancho del germen de arroz.

A diferencia del largo del germen en donde se detectó mayor variación en las dimensiones del germen, el análisis de varianza para el ancho nos muestra ( Curadro No. 48 ) que por lo menos tres variedades ( Morelos A-70 pura, Jojutla x Nailand y Culiacán A-82 ) no presentaron diferencias entre las medias y dos de las seis variedades ( Navolato A-71 tanto pura como comercial ) tienen diferencias altamente significativas entre las medias.

En base a lo anterior, la Variedad Navolato A-71 es la que muestra mayores diferencias en el largo y el ancho del germen y la variedad Morelos A-70 comercial sólo presentó diferencias significativas. La variedad con mayor uniformidad en las dimensiones fué Culiacán A-82.

CUADRO No . 47

SIGNIFICANCIA ENTRE MEDIAS EN EL ANALISIS DE VARIANZA PARA LA LONGITUD DEL GERMEN DE ARROZ

VARIEDAD	$\bar{x}$ muestra 1	$\bar{x}$ muestra 2	$\bar{x}$ muestra 3	significancia
Navolato A-71 comercial	1.7637	1.5387	1.7600	* *
Navolato A-71 pura	1.5225	1.7125	1.6762	* *
Morelos A-70 comercial	2.2150	2.2682	2.2325	*
Morelos A-70 pura	2.2800	2.2587	2.1762	* *
Jojutla x Nailand	1.9837	1.9762	1.8762	* *
Culiacán A-82	1.8300	1.7900	1.8125	n. s. .

$\bar{x}$  en mm

n. s. diferencia no significativa

\* diferencia significativa

\*\* diferencia altamente significativa

CUADRO No . 48

SIGNIFICANCIA ENTRE MEDIAS EN EL ANALISIS DE VARIANZA PARA EL ANCHO DEL  
GERMEN DE ARROZ

VARIEDAD	$\bar{x}$ muestra 1	$\bar{x}$ muestra 2	$\bar{x}$ muestra 3	significancia
Navolato A-71 comercial	1,0675	0,9750	1,0803	* *
Navolato A-71 pura	1,0000	1,0087	1,0525	* *
Morelos A-70 comercial	1,2887	1,3037	1,2412	*
Morelos A-70 pura	1,3050	1,3062	1,2675	n. s.
Jojutla x Nailand	1,1300	1,1550	1,1162	n. s.
Culiacan A-82	1,0912	1,0662	1,1175	n. s.

$\bar{x}$  en mm

n. s. diferencia no significativa

\* diferencia significativa

\*\* diferencia altamente significativa

4 - COMPARACION ENTRE MUESTRAS PROCEDENTES  
DE CENTROS DE INVESTIGACION ( puras ) Y MUES  
TRAS OBTENIDAS DE MOLINOS COMERCIALES -  
DENTRO DE UNA MISMA VARIEDAD.

Como algunos de los Análisis de Varianza realizados re-  
portaron diferencias significativas o altamente significativas entre las me-  
dias de los tratamientos, el contraste nos dice muy poco acerca de la na-  
turaleza de éstas diferencias, por lo tanto por medio de las pruebas de -  
diferencia mínima significativa honesta ( DMSH ), se puede determinar -  
cual o cuales de los tratamientos o muestras de una misma variedad son  
iguales para poder, posteriormente hacer la comparación entre las varie-  
dades provenientes de Centros de Investigación y las muestras de varie-  
dades obtenidas de molinos comerciales; por lo tanto sólo se anali-  
zaran la variedad Navolato A-71 y la variedad Morelos A-70, ya que las  
variedades Jojutla x Nailand y Culiacán A-82 no tienen muestras de con-  
traste que serían las muestras comerciales.

La tecnica DMSH puede consultarse en el anexo que se  
encuentra en la parte final de este trabajo.

Se realizaron estas pruebas en el % de cascarilla, % de  
salvado, % de germen en moreno con respecto al peso final de 50 granos  
de arroz desgerminado, en % de germen en palay con respecto al peso -

final de los mismos 50 granos y el las dimensiones del germen ( largo y ancho ) en donde era necesario conocer cual de las muestras presentaba la diferencia.

4.1 - Pruebas de diferencia mínima significativa honesta ( DMSH ) para la comparación de medias donde se detectaron diferencias significativas en los análisis de varianza.

4.1.1 - Pruebas DMSH para % de cascarilla.

Como se vió en el cuadro No. 43, la variedad Morelos A-70 de molinos comerciales presentó diferencias altamente significativas, y en el cuadro No. 49 se muestran los resultados de las diferencias de los promedios de las muestras, y la significación que presentaron - estas diferencias con respecto al valor calculado ( el valor calculado no aparece en este cuadro, pero la fórmula de calcularlo se muestra tambien en el anexo ). Puede verse que las muestras 1 y 2 de esta variedad no - presentaron diferencias significativas, en comparación con las combinaciones de muestra 1 y muestra dos en donde el promedio de la primera es mayor al promedio de la segunda y por lo tanto, estas muestras son diferentes, al igual que en la combinación de la muestra 2 con la muestra número 3.

Para la realización de la comparación entre muestras -

CUADRO No . 49

PRUEBAS DMSH (\*) PARA LA COMPARACION DE MEDIAS DONDE SE DETECTO DIFERENCIA SIGNIFICATIVA EN EL % DE CASCARILLA.

VARIEDAD	diferencia de medias		significancia
Morelos A-70 comercial	$m_1 - m_2$	1.9471	$\bar{x}_1 > \bar{x}_2$
	$m_1 - m_3$	0.8367	n. s.
	$m_2 - m_3$	-1.1395	$\bar{x}_2 < \bar{x}_3$

CUADRO No . 50

PRUEBAS DMSH (\*) PARA LA COMPARACION DE MEDIAS DONDE SE DETECTO DIFERENCIA SIGNIFICATIVA EN EL % DE SALVADO.

VARIEDAD	diferencia de medias		significancia
Navolato A-71 pura	$m_1 - m_2$	-1.1870	n. s.
	$m_1 - m_3$	11.0755	$\bar{x}_1 > \bar{x}_3$
	$m_2 - m_3$	12.2459	$\bar{x}_2 > \bar{x}_3$
Morelos A-70 comercial	$m_1 - m_2$	8.1870	$\bar{x}_1 > \bar{x}_2$
	$m_1 - m_3$	10.0260	$\bar{x}_1 > \bar{x}_3$
	$m_2 - m_3$	1.8390	n. s.
Morelos A-7- pura	$m_1 - m_2$	0.4991	n. s.
	$m_1 - m_3$	3.5489	$\bar{x}_1 > \bar{x}_3$
	$m_2 - m_3$	3.0498	$\bar{x}_2 > \bar{x}_3$

\* DMSH- Diferencia Mínima Significativa Honesta.

puras y comerciales se homogenizaron las muestras que no presentaron estas diferencias.

#### 4.1.2 - Pruebas DMSH para % de salvado.

Los resultados de estas pruebas se muestran en el cuadro No. 50, y se realizaron en Navolato A-71 pura y en las dos muestras de la variedad Morelos A-70.

Para las muestras puras, la combinación de 1 con 2 fueron no significativas, indicando que podrían mezclarse estos dos lotes, y en Morelos A-70 comercial, los lotes a mezclar fueron el segundo y el tercero.

#### 4.1.3 Prebas DMSH para % de germen en arroz moreno con respecto al peso final de 50 granos desgerminados.

El cuadro No. 51 contiene los resultados de éstas pruebas, en donde se ve que en Morelos A-70 comercial, las muestras a homogenizar eran la 2 y la 3; para muestras puras 1 y 3; en esta variedad, muestras puras, 1 fué mayor a dos; y 2 menor a tres, y en comercial 1 siempre fué mayor que 2 y que 3.

#### 4.1.4 - Prebas DMSH para % de germen en arroz palay con respecto al peso final de 50 granos desgerminados.

CUADRO No . 51

PRUEBAS DMSH (\*) PARA LA COMPARACION DE MEDIAS DONDE SE DETECTO DIFERENCIA SIGNIFICATIVA EN EL % DE GERME EN ARROZ MORENO (con peso final).

VARIEDAD	diferencia de medias		significancia
Morelos A-70 comercial	$m_1 - m_2$	- 0.5749	$\bar{x}_1 < \bar{x}_2$
	$m_1 - m_3$	- 0.4192	$\bar{x}_1 < \bar{x}_3$
	$m_2 - m_3$	0.1557	n. s.
Morelos A-70 pura	$m_1 - m_2$	0.0893	$\bar{x}_1 > \bar{x}_2$
	$m_1 - m_3$	- 0.0080	n. s.
	$m_2 - m_3$	- 0.0973	$\bar{x}_2 < \bar{x}_3$

CUADRO No . 52

PRUEBAS DMSH (\*) PARA LA COMPARACION DE MEDIAS DONDE SE DETECTO DIFERENCIA SIGNIFICATIVA EN EL % DE GERME EN ARROZ PALAY (con peso final).

VARIEDAD	diferencia de medias		significancia
Morelos A-70 comercial	$m_1 - m_2$	- 0.4529	$\bar{x}_1 < \bar{x}_2$
	$m_1 - m_3$	- 0.3238	n. s.
	$m_2 - m_3$	0.1292	n. s.

\* DMSH- Diferencia Mínima Significativa Honesta.

Esta prueba sólo se efectuó en Morelos A-70 comercial y sus resultados son mostrados en el cuadro No. 52 en donde se aprecia que la muestra 1 puede mezclarse con la muestra 3 y a su vez, la muestra 2 puede mezclarse con la 3, ya que estas combinaciones no mostraron diferencias, aunque la combinación 1 con 2 muestra que si hubo diferencia, encontrándose que la muestra 1 era menor a la 2.

#### 4.1.5 - Pruebas DMSH para largo de germen de arroz.

Como se encuentra en el cuadro No. 47, la única variedad que tenía diferencias no significativas era Culiacán A-82, a todas las demás variedades - tanto provenientes de Centros de Investigación como las de molinos comerciales - se les realizaron las pruebas DMSH que son mostrados en el cuadro No. 53.

En Navolato A-71 comercial, las muestras que no presentaron diferencias fueron la 1 y la 3; para puras, la 2 y la 3; para Morelos A-70 comercial se homogenizaron los tres lotes, puesto que en dos de las combinaciones se presentaron diferencias no significativas.

Para Morelos A-70 pura, se homogenizaron las muestras 1 y 2 de esta variedad.

#### 4.1.6- Pruebas DMSH para ancho de germen de arroz.

CUADRO No . 53

PRUEBAS DMSH (\*) PARA LA COMPARACION DE MEDIAS DONDE SE DETECTO DIFERENCIA SIGNIFICATIVA EN EL LARGO DEL GERMEN DE ARROZ.

VARIEDAD	diferencia de medias		significancia
Navolato A-71 comercial	$m_1 - m_2$	0.2250	$\bar{x}_1 > \bar{x}_2$
	$m_1 - m_3$	0.0037	n. s.
	$m_2 - m_3$	-0.2213	$\bar{x}_2 < \bar{x}_3$
Navolato A-71 pura	$m_1 - m_2$	-0.1900	$\bar{x}_1 < \bar{x}_2$
	$m_1 - m_3$	-0.1537	$\bar{x}_1 < \bar{x}_3$
	$m_2 - m_3$	0.0363	n. s.
Morelos A-70 comercial	$m_1 - m_2$	-0.0532	$\bar{x}_1 < \bar{x}_2$
	$m_1 - m_3$	-0.0175	n. s.
	$m_2 - m_3$	0.0357	n. s.
Morelos A-70 pura	$m_1 - m_2$	0.0218	n. s.
	$m_1 - m_3$	0.1043	$\bar{x}_1 > \bar{x}_3$
	$m_2 - m_3$	0.0825	$\bar{x}_2 > \bar{x}_3$

(\*) DMSH- Diferencia Mínima Significativa Honesta.

Como se sabe, para realizar la comparación entre muestras de Centros de Investigación y muestras de molinos comerciales, era necesario, ( después de conocer si las medias de las muestras eran iguales por medio de los Análisis de varianza ) saber cual de las muestras - de las variedades era la diferente, por lo tanto también para el ancho del germen donde se encontraron diferencias significativas y altamente significativas se realizaron las pruebas DMSH encontrandose los resultados en el cuadro No. 54.

Para la variedad Navolato A-71 en muestras comerciales las muestras a homogenizar fueron la 1 y la 3, ya que las otras dos combinaciones fueron rechazadas; para muestras de molinos comerciales, las muestras a mezclar fueron la 1 y la 2.

CUADRO No . 54

PRUEBAS DMSH (\*) PARA LA COMPARACION DE MEDIAS DONDE SE DETECTO DIFERENCIA SIGNIFICATIVA EN EL ANCHO DEL GERMEN DE ARROZ.

VARIEDAD	diferencia de medias		significancia
Navolato A-71 comercial	$m_1 - m_2$	0.0925	$\bar{x}_1 > \bar{x}_2$
	$m_1 - m_3$	-0.0128	n.s.
	$m_2 - m_3$	-0.1053	$\bar{x}_2 < \bar{x}_3$
Navolato A-71 pura	$m_1 - m_2$	-0.0087	n.s.
	$m_1 - m_3$	-0.0525	$\bar{x}_1 < \bar{x}_2$
	$m_2 - m_3$	-0.0438	$\bar{x}_2 < \bar{x}_3$

\* DMSH- Diferencia Mínima Significativa Honesta.

4.2- Comparación entre muestras procedentes de Centros de Investigación ( muestras puras ) y muestras obtenidas de Molinos Comerciales dentro de una misma variedad.

Una vez homogenizadas las muestras correctas, se procedió a relajar el método de Muestras Independientes, donde se pudo detectar si hubo o no diferencia entre las medias de los tratamientos ( en este caso, los tratamientos fueron las muestras comerciales y las muestras puras ). ( Consultar anexo para recordar los cálculos ).

El cuadro No. 55 nos muestra los resultados encontrados en la comparación entre las muestras puras y comerciales.

4.2.1 - Comparación entre el % de cascarilla.

Cuando comparamos dentro de la variedad Navolato A-71 las muestras comerciales y las puras, encontramos una diferencia altamente significativa, queriendo decir, que no debían considerarse iguales las medias -en el % de cascarilla- de los tratamientos o sea, que el % de cascarilla para muestras puras era muy diferente a las de las muestras comerciales.

Para la variedad Morelos A-70, no se detectaron diferencias significativas, por lo tanto, la media del % de cascarilla de muestras puras es "igual" a la media del % de cascarilla de las mues-

## CUADRO No . 55

COMPARACION ENTRE MUESTRAS PROVENIENTES DE CENTROS DE INVESTIGACION ( muestras puras ) Y MUESTRAS OBTENIDAS DE MOLINOS COMERCIALES ( muestras comerciales ) EN LAS VARIETADES - NAVOLATO A - 71 y MORELOS A - 70.

DETERMINACION	VARIEDAD	SIGNIFICANCIA
% de cascarilla	Navolato A-71	**
	Morelos A-70	n. s.
% de salvado	Navolato A-71	*
	Morelos A-70	**
% de germen en moreno ( peso final )	Navolato A-71	n. s.
	Morelos A-70	n. s.
% de germen en palay ( peso final )	Navolato A-71	n. s.
	Morelos A-70	n. s.
dimensiones largo	Navolato A-71	**
	Morelos A-70	n. s.
dimensiones ancho	Navolato A-71	*
	Morelos A-70	n. s.

la comparación se realizó por el Análisis de Muestras Independientes

n. s. diferencia no significativa

\* diferencia significativa

\*\* diferencia altamente significativa

4.2.2 - Comparación del % de salvado.

La variedad Navolato A-71, presentó diferencias significativas en la comparación de las medias de las muestras, pero la variedad Morelos A-70 presentó diferencias altamente significativas, por lo tanto, puede decirse, que en ninguno de los dos casos, los % de salvado son significativamente iguales en éstas comparaciones.

4.2.3 - Comparación del % de germen en arroz moreno  
en base al peso final de 50 granos de arroz des  
germinado.

Tanto la variedad Navolato A-71, como la Morelos A-70, no presentaron diferencias significativas entre las muestras comerciales y puras cuando se compararon los % de germen en arroz moreno.

4.2.4 - Comparación del % de germen en arroz palay en  
base al peso final de 50 granos de arroz desger  
minado.

Al igual que en la comparación del % de germen en arroz moreno, las dos variedades no presentaron diferencias significativas al comparar las medias de los % de germen en arroz palay, confirmandose así, el haber dicho que no había mucha variación entre éstas dos determi

naciones.

#### 4.2.5 - Comparación del largo del germen.

La variedad Navolato A-71 presentó diferencias altamente significativas an la comparación del largo del germen de arroz, por lo tanto las muestras comerciales y las muestras puras en esta variedad no pueden conciderarse " iguales " como en el caso de la variedad Morelos A-70 en donde no se detectaron estas diferencias.

#### 4.2.6 - Comparación del ancho del germen.

En la medición del ancho del germen, sólamente la variedad Navolato A-71 presentó diferencia significativa. Para Morelos A-70, es indistinto tomar mediciones del ancho en gérmenes provenientes de molinos comerciales o de gérmenes de centros experimentales o de investigación.

## 5 - OPERACION DEL PURIFICADOR NEUMATICO DE GER MEN.

En la sección 2.4.2.3 de materiales y métodos, se establecieron las condiciones a seguir en esta última parte, en donde se determinaría la metodología preliminar en la purificación del germen concentrado.

Se tomaron 40 gramos de la fracción seleccionada en el tamizado ( RT-20 y RT-40 ), se ponía en operación el equipo construido y se determinaban los pesos de las muestras retenidas en los colectores al igual que los % real de germen, puntilla, cascarilla y salvado, para realizar los balances de materia en donde se podría conocer el % de recuperación de germen, etc.

Los cuadros 56 y 58 muestran los pesos correspondientes a cada corriente y la composición en porcentaje de la misma ( % de germen, % de puntilla, % de cascarilla y % de salvado, que son los componentes fundamentales del salvado comercial ) que fueron determinados inicialmente en el % real de germen, y % de otros ) en conjunto con los porcentajes de recuperación de cada componente dentro de la misma corriente; de las fracciones RT-20 con 3 y 4 secciones de la columna separadora ( longitud total de 60 cm y 1 metro respectivamente ) y los cuadros 57 y 59 presentan las observaciones generales y particulares de éstas se

paraciones; aquí las observaciones se hicieron en cada % de TM donde se paraba el equipo, por lo tanto se presenta el peso de los dos colectores y el % de germen recuperado promedio de los mismos colectores.

Los cuadros 60 y 62 corresponden a los balances de materia para la fracción RT - 40 con las mismas secciones utilizadas para la fracción RT-20; los cuadros 61 y 63 muestran las observaciones realizadas para la fracción analizada.

#### 5.1 - Purificación de germen en la fracción RT-20.

Para la purificación del germen en la fracción RT -20 proveniente de tamizado se utilizaron, como ya se había mencionado, dos diferentes alturas de la columna separadora y los balances de materia arrojan los resultados siguientes:

a) Cuando se tiene una altura de 1 metro, se tienen menores cantidades de pérdidas en general de las muestras ( 1.089 gr para altura de 1 metro y 2.796 gr para 60 cm de altura de la columna separadora ).

b) El % de recuperación de puntilla, hasta la corriente No. 11 ( correspondiente al % de TM de 55 con altura de 60 cm; cuadro No. 56 ) se tenía un % de recuperación de puntilla del 38.98% ; y para la corriente No. 15 ( % de TM de 60 del cuadro No. 58; altura de 1 metro ) el % de recuperación

de puntilla fué de 12.55%; por lo tanto, si se suma el % de puntilla de la salida de cada corrida ( 38.9874 más 54.7983% da un total de 93.7858% para tres secciones y 12.5544 más 85.8227 es igual a 98.3771 % para 4 secciones ) puede decirse que el % de pérdidas de puntilla a lo largo de la experimentación con respecto al % inicial es de 6.2143% para 3 secciones y 1.6229 para 4.

c) Las pérdidas de % de germen a lo largo de estas experimentaciones se duplicaron con menor altura que a mayor altura, para 1 mt ( 4 secciones de la columna separadora ) las pérdidas fueron del orden de 6.7976% y ascendieron a 12.274% cuando la altura fué menor.

El % de recuperación ( hasta corriente 11 del cuadro No. 56, fué de 87.7258 y de la corriente 15 del cuadro No. 58 fué de 69.1399% ) indicando que aunque las pérdidas son mayores con menor altura de la columna el % de recuperación de germen con respecto a la composición inicial de 40 gramos alimentados es mayor.

Para la altura de 1 metro de columna, todavía en la corriente de salida se presenta germen, a diferencia de la altura de 60 cm en donde ya no se presentó algún porcentaje de germen.

Los % de Tensión Máxima donde se tenía mayor recupe

ración o purificación de germen son: 48% en altura de 60 cm y de 50% para la altura de la columna separadora de 1 mt ; que puede decirse no son muy diferentes, pero los porcentajes de recuperación si lo son:

48% TM ( 60 cm de altura ) corresponde 28.937% valor promedio de recuperación de los dos colectoras ( cuadro No. 57 )

50% TM ( 1 mt de altura ) corresponde 19.232% valor promedio de recuperación de los dos colectores ( cuadro No. 59 ).

Por lo tanto, para la finalidad de éste trabajo, se eligió como mejor método de purificación el utilizado con una altura de 60 cm en donde, a pesar de tenerse mayores pérdidas, en % de germen se tienen mejores resultados en el % de recuperación de los mismos.

## 5.2 - Purificación de la fracción RT -'40.

A diferencia de la composición RT-20, los dos componentes principales fueron el salvado y el germen y no la puntilla, el germen, la cascarilla y el salvado, por lo tanto los balances de materia - presentados se simplificaron.

a) A una altura de 1 mt. se tienen aproximadamente 3 gramos más de pérdidas en peso que a 60 cm de altura a lo largo de la experimentación; puede deberse a que se manejan % de Tensión Máxima mayores, ya que, en comparación con la fracción RT-20, las fracciones

o los componentes de la fracción son mas ligeros, estas perdidas representan: 18.246 gr con 1 mt de altura y - 15.599 gr con una altura de la columna separadora de - 60 cm.

b) Con esta fracción ( RT - 40 ) y una altura de 1 mt, se obtuvo un % de recuperación de germen ( hasta la salida del primer colector, corriente 2 del cuadro 60, hasta la penultima corriente, la 11 a un % de TM de 48, del mismo cuadro ) de 80.7086% ; para estas mismas corrientes pero con una altura de 60 cm, esta recuperación fué sólo de 58.2854%, por lo tanto, el % de germen recuperado presente en la última corriente ( no. 12 para ambas alturas, aunque con % TM de 48 y de 55 respectivamente ), queda 19.725% y 13.093%.

Las pérdidas fueron mayores en tres secciones - ( 21.9894 % ) y menores para 4 secciones o altura de 1 mt. ( 6.198 % ).

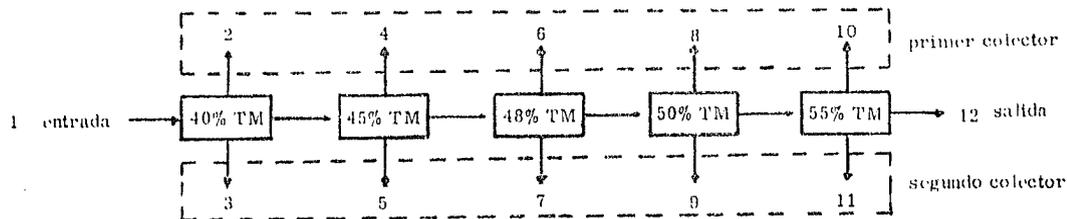
El promedio de recuperación fué para tres secciones de 12.442 a 48% TM y 36.17 para 4 secciones a 55% de TM.

Por lo tanto para esta fracción se seleccionó la altura de 1 mt o cuatro secciones y no la de 60 cm.

CUADRO No . 56

BALANCE DE MATERIA PARA LA FRACCION RT 20 CON TRES  
SECCIONES DE LA COLUMNA SEPARADORA

corriente	peso (gr)	porciento de				porciento recuperado de			
		germen	puntilla	cascarilla	salvado	germen	puntilla	cascarilla	salvado
1	40,000	6,4	87,3	4,8	1,5				
2	0,039								
3	0,146	3,5	--	--	96,35	0,255	--	--	24,70
4	0,325	8,6	0,9	38,1	52,4	1,089	0,008	6,447	28,383
5	0,538	7,8	4,9	78,7	8,6	1,636	0,075	21,937	7,700
6	1,004	70,2	13,3	15,3	1,2	27,531	0,382	8,000	2,000
7	1,247	62,3	20,5	16,3	0,9	30,343	0,731	10,583	1,866
8	0,951	24,0	61,4	13,9	0,7	8,914	1,672	6,880	1,108
9	1,429	27,0	55,3	17,2	0,5	15,070	2,262	12,796	1,100
10	2,520	0,2	97,2	2,1	--	0,196	7,014	2,755	--
11	9,835	0,7	95,3	4,0	--	2,687	26,840	20,489	--
12	19,174	--	99,8	0,2	--	--	54,798	1,994	--



CUADRO N o . 57

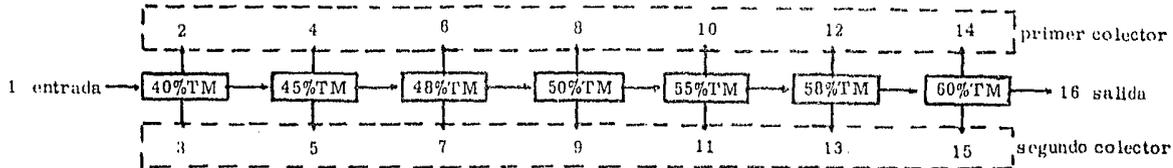
CUADRO DE OBSERVACIONES EN LA MUESTRA DE GERMEN PURIFICADO  
FRACCION RT-20 CON 3 SECCIONES DE LA COLUMNA SEPARADORA

%TM	peso de muestra primero, segundo colectores ( gr )	% de germen recuperado ( $\bar{x}$ )	observaciones particulares	observaciones generales
40	0,185	0,255	polvo fino con algunas impurezas, poca cantidad de germen entero de pequeñas dimensiones y germen quebrado	separación del salvado y la formación del lecho
45	0,863	1,363	cascarilla fraccionada, algo de raquilla, germen de mayor tamaño, presencia de puntilla muy fina o en escama	separación de cascarilla y formación del ciclón
48	2,251	20,937	gran cantidad de germen entero de gran tamaño, mucha raquilla y poca cantidad de cascarilla. Puntilla pequeña de cortes horizontales y verticales	purificación de germen
50	2,380	11,992	germen mezclado con raquilla, fracciones de cascarilla de mayor tamaño; mayor cantidad de puntilla en cortes horizontales y verticales	mezcla de germen, puntilla y cascarilla
55	12,355	1,442	gran cantidad de puntilla en ambos cortes predominando los horizontales y de grandes dimensiones, separación de raquilla	separación de puntilla

CUADRO No . 58

BALANCE DE MATERIA PARA LA FRACCION RT-20 CON CUATRO SECCIONES DE LA COLUMNA SEPARADORA

corriente	peso (gr)	por ciento de				por ciento recuperado de			
		germen	puntilla	cascarilla	salvado	germen	puntilla	cascarilla	salvado
1	40,000	6,4	87,3	4,8	1,5				
2	0,196	--	31,0	--	69,0	--	0,173	--	22,533
3	0,061	1,0	11,2	56,6	31,2	0,238	0,019	1,796	3,166
4	0,422	2,1	3,3	87,0	7,6	0,343	0,039	19,119	5,333
5	0,255	2,6	9,2	80,3	7,9	0,257	0,063	10,661	3,350
6	0,279	7,2	9,2	66,5	17,1	0,731	0,073	9,661	7,950
7	0,119	27,8	28,8	40,6	2,6	1,289	0,164	2,515	0,550
8	0,725	50,8	16,2	21,3	1,7	17,218	0,336	8,041	2,050
9	0,902	60,3	24,6	14,5	0,6	21,246	0,635	6,807	0,900
10	0,844	35,0	58,5	5,8	0,7	11,523	1,510	2,541	0,983
11	0,750	33,0	52,2	14,7	0,1	9,667	1,121	4,302	1,250
12	0,894	10,6	80,2	9,0	0,2	0,574	2,052	4,187	0,296
13	0,901	10,1	80,4	9,0	0,5	3,554	2,074	4,218	0,750
14	0,936	3,3	86,3	10,7	0,2	1,203	2,313	4,968	0,311
15	0,827	3,8	82,5	13,5	0,2	1,242	1,977	5,880	0,278
16	30,801	2,0	97,3	0,7	--	24,062	85,822	11,229	--



CUADRO N o . 59

CUADRO DE OBSERVACIONES EN LA MUESTRA DE GERMEN PURIFICADO  
FRACCION RT-20 CON 4 SECCIONES DE LA COLUMNA SEPARADORA

%TM	peso de muestra primero, segundo colectores ( gr )	% de germen recuperado ( x )	observaciones particulares	observaciones generales
40	0,257	0,238	polvo fino con cascarilla de fracciones pequeñas	separación del salvado con algo de cascarilla, Formación del - lecho
45	0,677	0,300	salvado muy fino (casi polvo), se detectó la presencia de germen con gran cantidad de - cascarilla y algo de raquilla	separación de cascarilla y continúa la separación del salvado
48	0,677	1,035	germen quebrado y germen entero, mayor - cantidad de raquilla que de cascarilla	separación de cascarilla con algo de raquilla, comienza la separación del germen
50	1,627	19,232	gran cantidad de germen entero, también - mucha raquilla con cascarilla, presencia de puntilla en escamas (cortes verticales)	purificación de germen
55	1,593	10,595	mucho germen, se presentó mayor cantidad de puntilla escamada de mayor tamaño que en %TM 50, hay cascarilla y raquilla	mezcla de germen con cascarilla

continúa .....

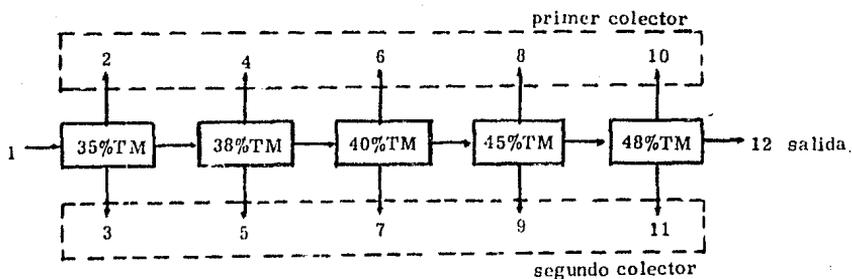
continuación del cuadro No. 59

%TM	peso de muestra primero, segundo colectores ( gr )	% de germen recuperado (x)	observaciones particulares	observaciones generales
58	1,795	2,064	raquíla, menor cantidad de germen pero de mayor tamaño y mayor cantidad de puntilla en cortes horizontales y verticales, predominando estos últimos	mezcla de germen, cascarilla y puntilla
60	1,763	1,222	poca raquíla, puntilla en mayor cantidad y de mayores dimensiones, predominando los cortes horizontales, se presentó germen entero de grandes dimensiones ( mayores de 1,8 mm )	separación de puntilla

CUADRO No . 60

BALANCE DE MATERIA PARA LA FRACCION RT-40 CON TRES  
SECCIONES DE LA COLUMNA SEPARADORA

corriente	peso	por ciento de		por ciento recuperado de	
		germen	salvado	germen	salvado
1	40.000	4.55	95.45		
2	10.396	--	100.00	--	27.228
3	5.451	--	100.00	--	14.277
4	0.874	--	100.00	--	2.289
5	1.997	--	100.00	--	5.230
6	0.685	11.80	80.20	4.439	1.582
7	1.418	12.80	87.20	9.972	3.238
8	0.577	32.20	67.80	10.203	1.024
9	0.533	30.00	70.00	8.785	0.977
10	0.174	59.70	40.30	5.615	0.180
11	0.501	70.00	30.00	19.269	0.393
12	1.795	20.00	80.00	19.725	3.761



CUADRO N o . 61

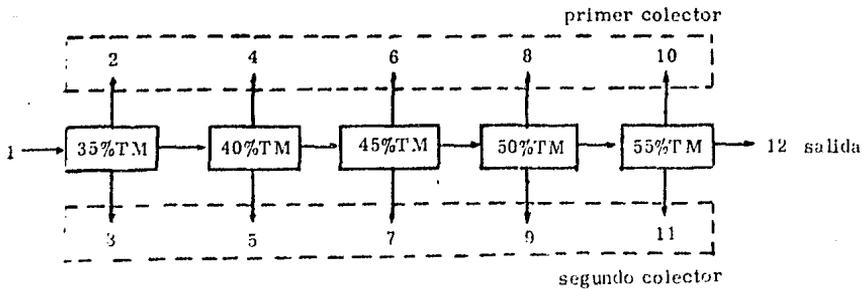
CUADRO DE OBSERVACIONES EN LA MUESTRA DE GERMEN PURIFICADO  
FRACCION RT-40 CON 3 SECCIONES DE LA COLUMNA SEPARADORA

%TM	peso de muestra primero, segundo colectores ( gr )	% de germen recuperado ( x )	observaciones particulares	observaciones generales
35	15,847	-	salvado muy fino (polvo) de color clara	separación de salvado
38	2,871	-	hojuelas de salvado obscuro con cascarrilla muy fina	separación de salvado
40	2,103	7,206	hojuelas de salvado con mayor cantidad de cascarrilla y presencia de puntilla. Comienza a verse algo de germen	separación de salvado
45	1,110	9,494	salvado con cascarrilla, escamas de puntilla en cortes verticales y germen entero de tamaño pequeño	separación de salvado con mayor cantidad de germen
48	0,672	12,442	mezcla de germen entero de mayor tamaño, fracciones de puntilla y gran cantidad de -- salvado	concentración de germen, no es una purificación

CUADRO No . 62

BALANCE DE MATERIA PARA LA FRACCION RT-40 CON CUATRO SECCIONES DE LA COLUMNA SEPARADORA

corriente	peso	por ciento de		por ciento recuperado de	
		germen	salvado	germen	salvado
1	40,000	4.55	95.45		
2	4,267	--	100.00	--	11,176
3	10,712	--	100.00	--	18,056
4	0,102	--	100.00	--	0,267
5	0,060	--	100.00	--	0,157
6	0,210	--	100.00	--	0,550
7	0,248	--	100.00	--	0,649
8	0,615	11.20	88.80	3,780	1,430
9	0,972	8,60	91,40	4,587	2,326
10	1,894	52.20	47.80	54,318	2,371
11	0,812	40.40	59.60	18,021	1,267
12	1,862	12.80	87.20	13,093	4,258



CUADRO N o . 03

CUADRO DE OBSERVACIONES EN LA MUESTRA DE GERMEN PURIFICADO  
FRACCION RT-40 CON 4 SECCIONES DE LA COLUMNA SEPARADORA

%TM	peso de muestra primero, segundo colectores ( gr )	% de germen recuperado ( x )	observaciones particulares	observaciones generales
35	14,079	-	polvo muy fino de color claro	separación de salvado
40	0,162	-	polvo fino pero con hojuelas de salvado	separación de salvado
45	0,458	-	hojuelas de salvado con puntilla y cascarilla finísimas	separación de salvado
50	1,587	4,184	salvado en hojuelas, puntilla y cascarilla - muy finos, se notó la presencia de germen de pequeño tamaño	separación de salvado con algo de germen
55	2,706	36,170	germen de mayor tamaño, puntilla de dimen- siones parecidas a las del germen, hay sal- vado con puntilla fina	purificación de germen

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 1 - CONCLUSIONES

#### 1.1 - Caracterización del germen de arroz.

El porcentaje de germen en arroz moreno, presente en las distintas variedades investigadas se encuentra entre 2.1 y 2.6% sin importar si este porcentaje se determinó en base al peso inicial o final - del arroz moreno desgerminado.

Para la variedad Navolato A-71 no se encontró diferencia al trabajar con muestras de arroz obtenidas de molinos comerciales y las muestras de variedades puras provenientes de cultivos experimentales. Encontrándose valores promedio de 2.41% de germen de arroz para muestras provenientes de molinos comerciales y 2.12% para muestras de variedad pura. La diferencia entre los valores promedios antes mencionados no fue significativa según la comparación realizada en el Análisis de Muestras Independientes.

En la variedad Morelos A-70 se encontraron valores de 2.33% de germen en arroz moreno, para las muestras comerciales y 2.56% para las muestras de variedad pura; tampoco fue significativa la diferencia entre estas muestras en el Análisis de Muestras Independientes.

La variedad Jojutla x Nailand presentó un valor prome

dio en el % de germen en base a arroz moreno de 2.40%.

La variedad Culiacán A-82, un valor promedio de 2.18% de germen en arroz moreno.

El por ciento de germen en base al arroz palay para las variedades Morelos A-70, Jojutla x Nailand, Navolato A-71 y Culiacán A-82 fué respectivamente de 1.89%, 1.88%, 1.73% y 1.70%.

En lo que respecta a las dimensiones del germen de arroz, tenemos que el germen de la variedad Morelos A-70 fué el más grande con 2.25 milímetros de largo x 1.29 milímetros de ancho para las muestras comerciales, siendo para las muestras de arroz de variedad pura practicamente igual.

Jojutla x Nailand y Culiacán A-82 presentaron las siguientes dimensiones 1.94 mm de largo x 1.13 mm de ancho. y 1.81 mm x 1.19 mm respectivamente.

La variedad con germen más pequeño fue Navolato A-71 siendo de 1.76 mm x 1.10 mm para muestras comerciales y 1.59 x 1.00 para muestras de variedad pura, presentandose una diferencia altamente significativa en el largo y diferencia significativa en el ancho del germen durante la comparación de las muestras puras con las comerciales.

Es necesario recalcar la importancia que presenta el

% de germen en arroz moreno y/o palay como el tamaño o las dimensiones del mismo, no sólo por que se complementa la conformación morfológica del grano, sino también nos ayuda a conocer algunas de las características que tendrá el germen en su separación y purificación, acarreando, a la larga mejoras en la economía tanto molinera como nacional.

1.2 - Determinaciones complementarias a la caracterización del germen de arroz.

Se determinó también el % de cascarilla de las variedades investigadas aunque esta determinación no fue planteada dentro de los objetivos, se consideró importante conocer el % de cascarilla tanto para determinar parte de la conformación morfológica del grano, como para preestablecer, en el rendimiento molinero la cantidad de cascarilla a separar durante la operación de descascarillado.

En la variedad Navolato A-71 se encontraron valores de 20.12% de cascarilla para muestras de variedad pura y 21.98% en muestras de palay comercial. Se presentaron diferencias altamente significativas en la comparación de los dos tipos de muestras.

En la variedad Morelos A-70 se encontraron valores de 19.78% y 22.77% en muestras de palay comercial y palay de variedad pura respectivamente.

Para la variedad Jojutla x Nailand se encontró un valor de 21,73% y para la variedad Culiacán A-82 fué de 23,52% de cascarilla.

### 1.3- Concentración de germen a partir de salvado comercial.

Se encontró que los tiempos de tamizado para el salvado de las muestras Navolato A-71 fueron de 10 a 15 minutos. En contrándose el mayor contenido de germen en los retenidos del tamiz No. 20 y 40 correspondiendo a 6,4% y 4,55% respectivamente con base al total del retenido.

### 1.4- Desarrollo y caracterización del separador neumático.

La intensidad de corriente disminuyó al aumentar el número de secciones de la columna separadora; y aumentó al aumentar el %TM (porcentaje de tensión máxima) manejado por el reóstato.

La velocidad de rotación del ventilador aumentó al aumentar la longitud o el número de secciones de la columna; y también esta velocidad se incrementó con el incremento del % TM.

El flujo de aire tuvo un comportamiento diferente, no se vió incrementado al aumentar la longitud de la columna, puesto

se aumentó la presión del aire a la salida por medio de las mamparas o colectores haciéndose la concentración del aire; independientemente de lo anterior, el flujo de aire aumentó conforme se incrementó el % de tensión máxima.

Puede concluirse que el equipo se estabiliza con un 60% TM.

#### 1.5- Purificación del germen en equipo construido.

Para la fracción RT-20 (fracción retenida en la malla 20), se presentó un % de recuperación mayor al trabajarse con la longitud de la columna separadora de 60 cm (característica No. 4) y un % TM de 48, obteniéndose un valor promedio de recuperación del 28.937% que representa el 57.874% de la recuperación total.

La fracción Retenida en tamiz 40 (RT-40) se purificó mejor al manejarse una altura de 1 mt (característica No. 5) y con % TM de 55%, con un porcentaje de recuperación de germen del 36.17%.

La utilidad que puede tenerse de la purificación del germen a partir de salvado comercial es la de aumentar el contenido de nutrientes necesarios en una dieta, puesto que puede ser agregado a algunos alimentos carentes de los constituyentes presentes en el germen de arroz, o como materia prima en la elaboración de productos alimenticios ricos en ellos.

Por otro lado, el salvado desgerminado ( que es rico en fibras ), puede ser empleado en la alimentación animal, enriqueciendolo con otro tipo de nutrientes o elementos ( como en realidad se hace hasta ahora con el salvado comercial que es desecho de los molinos y mezclado por ejemplo con melaza ), y el germen destinarlo al consumo humano.

1. 6- Metodología preliminar para separación y/o purificación de germen de arroz a partir de salvado comercial.

1 - homogenización de la muestra de salvado comercial.

2 - concentración del salvado por tamizado en combinación de tamices 20-40 con un tiempo de estancia en vibrador de 10 min. a velocidad máxima.

3 - homogenización de muestras de salvado concentrado (fracciones RT-20 y RT-40).

4 - purificación de los salvados concentrados en separador neumático.

Para la fracción RT-20, colocar 4 secciones de la columna separadora, subir reóstato a 45% TM, desechar las fracciones recolectadas en mamparas; aumentar a 48% TM y esperar hasta tener la máxima cantidad de muestra en los colectores.

Para la fracción RT-40, se deben colocar 4 secciones de la columna separadora, subir reóstato a 50% TM, desechar fracciones recolectadas, aumentar a 55% TM, esperar hasta tener la máxima cantidad de muestra en los colectores y desechar la muestra restante.

## 2 - RECOMENDACIONES

### 2.1 - Caracterización de germen.

En este trabajo, se planteó establecer algunas de las características físicas del germen de arroz, de las cuales sólo se estudiaron los porcentajes de germen en arroz moreno y arroz palay presente en cada variedad investigada, y dos de las tres posibles dimensiones del germen (largo, ancho y espesor, y se determinaron largo y ancho); por lo tanto para un trabajo posterior, se recomienda analizar la relación existente entre las tres dimensiones, no sólo entre sí, sino también en relación a las dimensiones del grano de arroz; determinar la densidad a granel del germen purificado y sin purificar; el posible ángulo de reposo del germen, etc., que son sólo algunas de las propiedades físicas de interés.

Para tener una caracterización general del germen, se recomienda determinar la composición química del mismo, en germen purificado (el problema que se presenta, es la poca cantidad de muestra que puede obtenerse al desgerminar el grano manualmente) y esta caracterización puede consistir en la determinación de proteína, grasa, fibra cruda, materia extractible libre de nitrógeno y cenizas en donde se requieren cantidades grandes de muestra, y recordando que estos análisis deben realizarse por quintuplicado en las variedades analizadas y la comparación y correlación de las características

químicas con las dimensiones o el peso del germen.

## 2.2- Caracterización del separador neumático.

Para la caracterización del separador neumático construido, no sólo debe determinarse la intensidad de corriente, la velocidad de rotación del ventilador y el flujo de aire, sino también, la diferencia de potencial eléctrico, la velocidad y gasto másico del aire, y la posible correlación de estas características, debiendo ser un estudio completo para facilitar la comprensión del comportamiento del equipo.

Se recomienda probar el equipo con muestra, variando el peso de las fracciones obtenidas en tamizado y la longitud de la columna separadora para obtener las curvas de comportamiento real.

Determinar también la densidad del germen y de las partículas retenidas para los distintos % TM manejados en la experimentación donde se lleva a cabo la "purificación del germen".

## 2.3- Purificación de germen.

En esta parte se recomienda sólo realizar balances de materia en conjunto con las determinaciones de los porcentajes reales de germen y otros en las fracciones retenidas en los colectores, habiéndose determinado ya la caracterización del equipo y repitiendo, por lo menos cinco veces los análisis mencionados.

En general se recomienda tratar cada tema por separado, ya que el trabajo manual es muy grande y requiere de mucho tiempo sobre todo en el caso de la caracterización de germen y las determinaciones colaterales; para la separación y/o purificación de germen, - pueden manejarse los temas por separado o en conjunto, tomando en cuenta que también se requiere de mucho tiempo para obtener resultados satisfactorios.

## A N E X O

## D E T E R M I N A C I O N E S E S T A D I S T I C A S

1- MEDIA ARITMETICA ( $\bar{x}$ ) - Es la medida de tendencia central más conocida y se obtiene sumando todos los valores de una muestra y dividiéndola entre el número de valores que se sumaron. (12).

Puede decirse que la media o promedio, es el centro de gravedad en una distribución. (16).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

donde:

$$\sum_{i=1}^n x_i = \text{suma de todos los valores desde el primero hasta el último.}$$

$$n = \text{número de valores en la muestra.}$$

2--DESVIACION ESTANDAR ( $s$ ) - Una medida de dispersión que se representa en unidades originales y no cuadráticas como la varianza ( $s^2$ ), la desviación estandar es la raíz positiva de la varianza y es una medida que indica como las observaciones se separan de la media.

La varianza es la suma de los cuadrados de las desviaciones de las observaciones con respecto a la media dividida entre el número total de observaciones menos uno (al calcular la varianza, se debe tener

$n - 1$  grados de libertad y esto es por que la suma de las desviaciones de los valores con respecto a la media es igual a cero; por lo tanto si se conocen los valores de  $n - 1$  de las desviaciones con respecto a la media se conoce en  $n$ -ésimo, ya que ésta queda automáticamente determinado debido a la necesidad de que los  $n$  valores tengan como suma cero. (12).

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

donde:

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \text{suma de los cuadrados de las desviaciones observadas con respecto a su media, desde el primero hasta el último valor.}$$

3- COEFICIENTE DE VARIACION ( c.v. ) - La desviación estandar es útil como unidad de variación dentro de un conjunto de datos y por lo tanto el coeficiente de variación es la medida de la variación relativa en lugar de una variación absoluta y en la cual se expresa la desviación estandar como un porcentaje de la media, dando lugar a una medida que es independiente de las unidades de medición. (13).

$$c.v. = \frac{s}{\bar{x}} \times 100$$

4 - PROMEDIO DE PROMEDIOS - Se obtiene sumando los valores promedios entre el número de los mismos, ( $\bar{\bar{x}}$ )

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{x}_j}{m}$$

donde:

$\sum_{j=1}^m \bar{x}_j$  = suma de todos los valores de los promedios desde el primero hasta el último - valor.

$m$  = número de promedios individuales.

5 - DESVIACION ESTANDAR DE LOS PROMEDIOS ( $s$ ) - Está dada por:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (\bar{x}_j - \bar{\bar{x}})^2}{m - 1}}$$

donde:

$\sum_{j=1}^m (\bar{x}_j - \bar{\bar{x}})^2$  = suma de los cuadrados de las desviaciones observadas de las medias individuales con respecto a la media de las medias desde el primero hasta el último valor.

6 - COEFICIENTE DE VARIACION TOTAL (C.V.) - Dado por:

$$C.V. = \frac{s}{\bar{\bar{x}}} \times 100$$

7- REGRESION LINEAL SIMPLE Y CORRELACION. Pueden definirse los términos siguientes:

Regresión- técnicas para estudiar la relación existente entre variables.

Lineal- para ajustar a una recta.

Simple- para sólo dos variables.

Correlación- ( coeficiente de correlación ) explica el % de la relación que tiene "x" con "y".

El método de Mínimos cuadrados se fundamenta en la ecuación de la recta:

$$Y = a + bx \quad \text{donde:}$$

Y = es "Y" estimada ó ecuación de la recta de regresión

a = ordenada al origen en muestra

b = pendiente de la recta ( el cambio de "y" para cada cambio de "x").

Para mejor efecto se presenta el ejemplo mostrado con el cuadro No. 25 en el que se tiene el % de Tensión Máxima y el valor promedio del Amperaje.

Se muestra en este ejemplo la forma de realizarse los cálculos. Puede consultarse la Bibliografía (12), (13), y (22).

% TM	amperaje			
x	y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	xy
10	0.000	100	0.0000	0.00
20	0.500	400	0.2500	10.00
30	0.825	900	0.6806	24.75
40	1.275	1600	1.6256	51.00
50	1.725	2500	2.9756	86.25
60	2.225	3600	4.9506	133.50
70	2.575	4900	6.6306	180.25
80	2.777	6400	7.7117	222.16
90	3.100	8100	9.6100	279.00
100	3.300	10000	10.8900	330.00
550	18.302	38500	45.3247	1316.91

$$\bar{x} = 550/10 = 55$$

$$\bar{y} = 18.302/10 = 1.8302$$

$$\frac{(\sum x)^2}{n} = \frac{(550)^2}{10} = 30250$$

$$\frac{(\sum y)^2}{n} = \frac{(18.302)^2}{10}$$

$$\frac{(\sum x)(\sum y)}{n} = \frac{(550)(18.302)}{10} = 1006.61$$

Factores de  
corrección

$$x^2 = 38500 - 30250 = 8250$$

$$y^2 = 45.3247 - 33.4963 = 11.8283$$

$$\sum xy = 1316.91 - 1006.61 = 310.3$$

desviaciones

#### COEFICIENTE DE REGRESION

$$b = \frac{\sum xy}{x^2} = \frac{310.3}{8250} = 0.0376$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad a = 1.8302 - (0.0376)(55) = -0.2384$$

$$\hat{Y} = -0.2384 + 0.0376 X$$

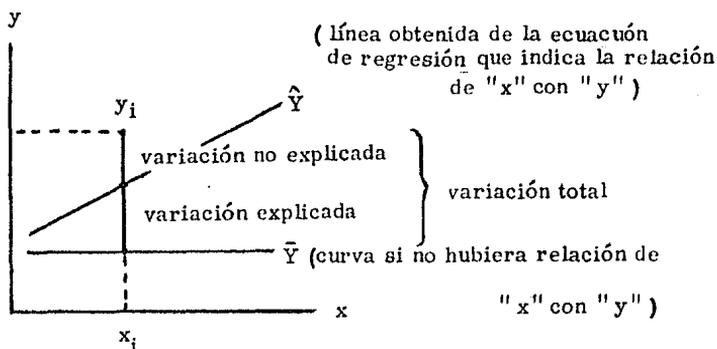
Ecuación presentada en el cuadro No. 26.

El signo negativo de "a" nos indica que el valor de la ordenada se encuentra abajo de cero, por lo tanto sería necesario probar si es o no significativa la diferencia de "a" ( muestral ) con ( poblacional ) que no se realizó, sólo se obtubieron los valores de los coeficientes de correlación y los coeficientes de determinación.

Para esto fué necesario explicar lo siguiente:

Se tienen dos tipos de variaciones dentro de la variación

total:



para un valor dado de "x" ( $x_i$ ) corresponde un valor en la curva  $\bar{Y}$ , otro en la curva  $\hat{Y}$  que representa la variación explicada y un último valor - ( o el primero ) que es el valor que en realidad le corresponde cuando no se ha realizado la corrección de la curva ( $y_i$ ) representando la variación no explicada, que en suma representan la variación total.

Por lo tanto el coeficiente de correlación nos da el % de explicación de la relación que tiene "x" con "y" y  $r^2$  es el coeficiente -

de determinación, el cual indica el cociente de la variación explicada sobre la variación total.

$$r^2 = \frac{\sum (\text{variación explicada})^2}{\sum (\text{variación total})^2} = \frac{\sum (\hat{Y} - \bar{Y})^2}{\sum (Y - \bar{Y})^2} = \frac{(\sum xy)^2}{\sum x^2 \sum y^2}$$

y el coeficiente de correlación:

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}} \quad -1 \leq r \leq 1$$

Cuando se llega a los extremos o hay más acercamiento a  $\pm 1$ , es que la variación explicada es igual a la variación total, significando que todos los puntos se encuentran sobre una línea recta, y cuando el valor de "r" es cercano o igual a cero, significa que la variación explicada es igual a cero y la variación total tiene otro valor distinto a cero, por lo tanto no hay recta.

Para el ejemplo mostrado anteriormente:

$$r^2 = \frac{(310.3)^2}{8250 \times 11.8283} = 0.9867$$

$$r = \sqrt{r^2} = \sqrt{0.9867} = \frac{310.3}{\sqrt{(8250)(11.8283)}} = 0.9933$$

Nota: Se efectuaron variaciones mínimas en los resultados puesto que los expresados en los cuadros se determinaron por calculadora.

8- ANALISIS DE VARIANZA. Es una técnica mediante la cual la varia-  
ción total presente en un conjunto de datos se distribuye en varias com-  
ponentes. Con cada una de estas componentes está asociada una fuente  
específica de variación de modo que en el análisis es posible averiguar  
la magnitud de las contribuciones de cada una de estas fuentes de varia-  
ción total. (22).

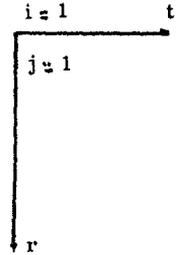
Se usa el Análisis de Varianza con el fin de estimar y -  
probar hipótesis acerca de las medias de las poblaciones ( se prueba -  
que las medias de los tratamientos son iguales, como hipótesis nula o  
 $H_0$ ; y como hipótesis alterna,  $H_1$ , que no es cierta  $H_0$  ) en un diseño com-  
pletamente aleatorio.

Para comprender un Análisis de Varianza, se presenta a  
continuación un ejemplo práctico tomando el caso de % de germen con reg-  
pecto al arroz moreno ( peso final de 50 granos de arroz desgerminado )  
en la variedad Morelos A-70 comercial, en donde se presentaron diferen-  
cias altamente significativas ( ver cuadro No. 45 ) y tomando la metodolo-  
gía de (12) (22) .

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

$H_1$ : no es cierta  $H_0$

MUESTRA No.		
1	2	3
2.3330	2.2788	2.5374
2.5557	2.2397	2.6945
2.6791	2.3113	2.5165
2.8031	2.7814	2.5844
2.5152	2.4707	2.5590
2.5621	2.6263	2.6490
2.6631	2.4324	2.4151
2.3102	2.6174	2.4296



$x_{i.}$  20.4228      19.7580      20.3755 = 60.5563 = G =  $x_{.j}$   
 $x_{.j}$  2.5528      2.4697      2.5469 = 2.5231 =  $\bar{x}$

$x_{i.} = \sum_{j=1}^r x_{ij}$       20.4228      19.7580      20.3755

$x_{.j} = \sum_{i=1}^t \frac{x_{ij}}{r}$       2.5528      2.4697      2.5469

$G = \sum_{i=1}^t x_{i.} = 20.4228 + 19.7580 + 20.3755 = 60.5563$

$\bar{x} = \sum_{i=1}^t \frac{2.5528 + 2.4697 + 2.5469}{3} = 2.5231$

Como se ha definido el Analisis de Varianza como un proceso mediante el cual la variación total presente en un conjunto de datos se distribuye en componentes atribuibles a diferentes fuentes:

$x_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$

$x_{ij}$  = observaciones  $j$ -ésimas de la columna en el  $i$ -ésimo tratamiento

$\mu$  = media global

$\tau_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$\epsilon_{ij}$  = efecto experimental

### VARIACION TOTAL-

Suma de cuadrados total- Es la suma de los cuadrados de las desviaciones de cada observación respecto a su media en todas las observaciones tomadas en conjunto (  $SC_T$  ).

$$SC_T = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r x_{ij}^2 - Fc$$

donde:

$$Fc = \frac{G^2}{rt} = \text{Factor de corrección}$$

$$Fc = \frac{(60.5563)^2}{8(3)} = 2.5231$$

$$SC_T = \left[ (2.3330)^2 + (2.5557)^2 + \dots + (2.4151)^2 + (2.4296)^2 \right] - 2.5231 = 1.8806$$

con (r) (t) - 1 grados de libertad      23 g.l.

### VARIACION ENTRE METODOS-

Suma de cuadrados de tratamientos- Es requerida para obtener, para cada grupo o tratamiento, la desviación al cuadrado de la media del grupo con respecto a la gran media y multiplicar el resultado por el tamaño del grupo para poder sumarse estos resultados sobre todos los tratamientos.

$$SC_{\text{trat}} = \frac{\sum_{i=1}^t x_i^2}{r} - Fc$$

$$SC_{\text{trat}} = 8 \left[ \frac{(20.4228)^2}{(8)^2} + \frac{(19.7580)^2}{(8)^2} + \frac{(20.3755)^2}{(8)^2} + \frac{(60.5563)^2}{(8)^2(3)} \right] =$$

$$= \frac{(20.4118)^2 + (19.7580)^2 + (20.3755)^2}{8} = 25231 \approx 1.4145$$

con  $t - 1$  grados de libertad      2 g.l.

#### VARIACION DENTRO DE CADA METODO-

Se comprenden los cálculos dentro de cada grupo, la suma de las desviaciones al cuadrado de las observaciones individuales respecto a la media.

( $SC_{\text{error}}$ ). Por ejemplo para la muestra 1:

$$(2.330)^2 + (2.5557)^2 + \dots + (2.3102)^2 - \frac{(20.4228)^2}{8}$$

Para muestra 2:

$$(2.2788)^2 + (2.2397)^2 + \dots + (2.6174)^2 - \frac{(19.780)^2}{8}$$

Para muestra 3:

$$(2.5374)^2 + (2.6845)^2 + \dots + (2.4296)^2 - \frac{(20.3755)^2}{8}$$

y realizar la sumatoria de los tres resultados, pero como se sabe que:

$$SC_T = SC_{\text{trat}} + SC_{\text{error}}$$

$$SC_{\text{error}} = SC_T - SC_{\text{trat}} \quad \text{con } t(r - 1) \text{ grados de libertad}$$

$$SC_{\text{error}} \approx 1.8728 - 1.4145 = 0.4583 \text{ con } 21 \text{ g.l.}$$

A partir de las sumas de cuadrados ya calculados ( que en realidad son los numeradores de las varianzas), es posible obtener las varianzas de cada fuente, conocidas como CUADRADOS MEDIOS - (CM) que son las divisiones de la Suma de Cuadrados entre los grados de libertad correspondientes.

$$CM_{\text{trat}} \rightarrow 1.4145 / 2 \approx 0.7072$$

$$CM_{\text{error}} \rightarrow 0.4583 / 21 \approx 0.0218$$

Ahora ya puede construirse la tabla de Analisis de Varianza:

Fuente de variación	g.l.	SC	CM	F
tratamiento	2	1.4145	0.7072	32.44
error	21	0.4583	0.0218	**
TOTAL	23	1.8728		

Para obtener el valor de "F" ó Razón de variación, que se refiere a la comparación entre los dos cuadrados medios o varianzas.

$$F = \frac{\text{Cuadrado Medio de Tratamientos}}{\text{Cuadrado Medio del Error}} = \frac{0.7072}{0.0218} = 32.44$$

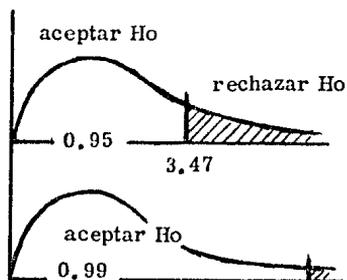
Este factor "F" de Fisher, es necesario para responder a la hipótesis planteada al inicio, el cual se compara con el valor crítico

de  $F$  que puede observarse en tablas ( tabla J de (12), tabla A-7a, tabla A-7b de (13), etc ), donde se busca con los grados de libertad del numerador ( g.l. de tratamientos ) entre los grados de libertad del denominador ( g.l. error ) y con  $\alpha$  de 5% y  $\alpha$  de 1% para detectar si hay diferencia significativa ó altamente significativa entre las medias de los tratamientos.

Para este ejemplo:

$$\alpha = 5\% \quad F_{21}^2 = 3.47$$

$$\alpha = 1\% \quad F_{21}^2 = 5.78$$



Por lo tanto el valor obtenido de  $F$ , o sea  $F$  calculado cae en el area de rechazo de la hipótesis nula.

En este caso, sin necesidad de buscar el valor crítico en tablas, se sabía que se rechazaría  $H_0$  ya que resultó un valor grande de " $F$ " ( razón de variación ) ya que el  $CM_{trat}$  era considerablemente mayor que el  $CM_{error}$ , puesto que el  $CM$  de los tratamientos es una medida de la dispersión de las medias de los grupos respecto a su media, esta cantidad será grande cuando exista una gran discrepancia entre los tamaños de las medias de las muestras de los grupos o tratamientos.

Por lo tanto, si tenemos un valor de  $F$  calculado menor ó igual a 1 se acepta  $H_0$ ; y a medida que se aleje de este valor de 1, se rechaza  $H_0$ .

Para efecto de presentación de resultados, en este tra  
bajo sólomente se presentaron las medias de los tratamientos o mues-  
tras y los niveles de significación obtenidos en los Análisis de Varian-  
za realizados.

#### 9- PRUEBAS DMSH ( DIFERENCIA MINIMA SIGNIFICATIVA HONESTA).

Cuando se desea saber cual de las medias de los trata-  
mientos fué la que causó diferencias significativas o altamente significa  
tivas en el rechazo del Análisis de Varianza, se pueden seguir varios -  
procedimientos de comparación de medias individuales, como son: mé-  
todo de Fisher, de Duncan, de Scheffe, y el método de Tukcey, que fué  
el método seleccionado por ser el más extricto.

El método de Tukey ( prueba DMSH ) es una prueba con  
poca potencia ( Potencia  $1 - \beta$  ) ó sea, que no deja pasar a falsos re-  
sultados, pero medias que son ciertas muchas veces son rechazadas; a  
diferencia de la prueba de DMS ( diferencia mínima significativa de Stu  
dent ) que es una prueba multiple de "t" de Student con alta potencia, pe  
ro baja rigurosidad, aumentando la probabilidad de cometer error tipo  
I dejando pasar muchas pruebas como verdaderas cuando son falsas.

En la prueba DMSH, es necesario conocer el factor "q"  
que es el rango estudentizado con nivel de significancia  $\alpha$ , con "t" nú-  
mero de tratamientos y grados de libertad del error. El valor "q" eva-

lua una gama de medias de tratamientos y no sólomente dos como con la prueba DMS.

$$DMSH = q_{\alpha, t, g.l.} S\bar{x}$$

donde:

$$S\bar{x} = \sqrt{\frac{CM_{error}}{r}}$$

Por lo tanto para el ejemplo presentado en el Analisis de Varianza donde se presentó diferencia altamente significativa, la prueba DMSH quedó de la siguiente manera:

$$q \text{ con } \alpha = 5\% \quad t = 3 \text{ trats.} \quad g.l._{error} = 21$$

En tabla A-18 de (13) se encuentran los porcentiles de la distribución "q", pero como no se encuentran los 21 g.l. se utilizaron 24 dando un valor de  $q = 3.53$

$$S\bar{x} = \sqrt{\frac{0.0218}{8}} = 0.0522$$

$DMSH = 3.53 (0.0522) = 0.1842$  todo número de la diferencia entre medias que exceda éste valor presenta diferencia significativa.

Por lo tanto si se consulta el cuadro No. 51 se presentan los resultados siguientes:

diferencia entre medias			significancia
$m_1 - m_2$	1.8370 - 2.4119	- 0.5749	$\bar{x}_1 < \bar{x}_2$
$m_1 - m_3$	1.8370 - 2.2562	- 0.4192	$\bar{x}_1 < \bar{x}_3$
$m_2 - m_3$	2.4119 - 2.2562	0.1557	n. s.

Esto nos indica que la diferencia entre las medias de los tratamientos 1 y 2 presentó diferencia significativa (comparando este valor con el obtenido en DMSH es de signo negativo pero en valor absoluto es mayor) diciendo que la media de la muestra 1 es menor que la de la muestra 2. El único valor de la diferencia que no excedió el valor de la prueba fué de la comparación de las muestras 2 y 3.

10- MUESTRAS INDEPENDIENTES - Es la comparación de dos medias poblacionales de tratamientos, y es un diseño experimental muy sencillo, precede al análisis de varianza.

Pueden hacerse comparaciones entre 2 tratamientos ya que se supone que las únicas diferencias son debidas a los mismos tratamientos.

Se plantean las siguientes hipótesis:

$H_0$ : no hay diferencia entre los tratamientos

$H_1$ : si hay diferencia, Y esta diferencia puede ser:

$$\begin{array}{ll}
 \mu_A - \mu_B > \theta & \text{pruebas unilaterales} \\
 \mu_A - \mu_B < 0 & \\
 \mu_A - \mu_B \neq \theta & \text{prueba bilateral, usada} \\
 & \text{en este trabajo}
 \end{array}$$

Es necesario calcular la variabilidad de la desviación del estimador y del parámetro, por lo tanto es necesario calcular "t" de Student en donde se nota que tanto el numerador como el denominador nos dan alguna estimación de la variabilidad

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}}$$

Para conocer el error estándar de la diferencia entre medias, que se basa en la estimación combinada de la variabilidad dentro de cada grupo ( $S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}$ ) se definen las fórmulas:

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{S_{\text{pool}}^2 \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}$$

$S_{\text{pool}}^2$  junta las variaciones de A con las de B

$$S_{\text{pool}}^2 = \frac{\sum d_1^2 + \sum d_2^2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)}$$

donde:

$$d = \sum (x_i - \bar{x})^2 = \frac{\sum x^2 - (\sum x)^2}{n}$$

Para comprender lo anterior se tomó como ejemplo el % de cascarilla en la variedad Navolato A-71 ( se compararon las muestras de Centros de Investigación contra las muestras de Molinos Comerciales ) en donde no se presentaron diferencias entre las medias después de realizado el Análisis de Varianza, consultar cuadro No. 43.

Muestra comercial	Muestra pura	( comercial ) <sup>2</sup>	( pura ) <sup>2</sup>
18.7866	22.0804	352.9363	487.5440
21.5880	21.7094	466.0417	471.2980
18.7984	24.9124	353.3798	620.6276
22.1327	22.5054	489.8564	506.4930
18.5707	22.1422	344.8708	490.2770
20.2947	18.5796	411.8748	345.2015
19.2630	20.7630	376.0631	431.1021
21.1468	22.5325	447.1871	507.7135
20.3224	22.1001	412.9999	488.4144
$\Sigma =$ 180.9033	197.3250	3650.2099	4348.6711
$\bar{x} =$ 20.1003	21.9250		

$$d_1^2 = 3650.2099 - \frac{(180.9033)^2}{9} = 13.9872$$

$$d_2^2 = 4348.6711 - \frac{(197.3250)^2}{9} = 22.3204$$

$$S_{\text{pool}}^2 = \frac{13.9872 + 22.3204}{(9-1) + (9-1)} = 2.2692$$

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{2.2692 \left( \frac{1}{9} - \frac{1}{9} \right)} = 0.7101$$

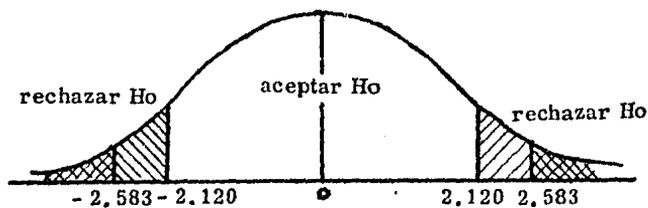
$$t_{\text{cal}} = \frac{20.1003 - 21.9250}{0.7101} = -2.5696$$

$t$  crítico ó  $t$  de tablas, de la tabla A-5 del (13)

con  $(n_1 - 1) - (n_2 - 1)$  grados de libertad 8 8 16

con  $\alpha$  0.975 (ya que se tomó prueba bilateral)

$t_{\text{tablas}}$  2.120



El valor calculado cae en el área de rechazo de  $H_0$  con 5%. Con  $\alpha$  1% que corresponde a un valor de tablas de 2.583, se sigue rechazando  $H_0$ . Por lo tanto se detectaron diferencias altamente significativas en el % de cascarilla entre muestras puras y comerciales.

## BIBLIOGRAFIA

- 1 Angladette. "El Arroz ". Colección de Agricultura Tropical. Ed. Blume, Barcelona España. Primera edición. ( 1969 ).
- 2 Aoyagi, Y; Yamashita, H; Obara, T. " Rapid method of purification of rice germ lipase by affinity Chromatography ". Dep. of Agric. Chem. Tokio Japon 1-2 ( 1978 ) in Agricultural and Biological Chem. Vol. 43 No. 8. 1771-1772. ( 1979 ).
- 3 Barber, S; Benedito de Barber, C. "Una aproximación a la medición objetiva del grado de elaboración del arroz ". Rev. de Agroquímica y Tecnología de Alimentos. Vol. 12 No. 2 223-234. ( 1977 ).
- 4 Barber, S; Benedito de Barber, C. "Rice Bran: Chemistry and Technology ". Inst. de Agroquímica y Tecnología de Alimentos. ( 1972 ) en "Rice, production and utilization " by Luh, S. Bor D. PH AVI. capítulo 24 ( 1980 ).
- 5 Barber, S; Benedito de Barber, C; Flores, M. J.; Montes J. J.. "Constituyentes tóxicos del salvado de arroz. I. Actividad de inhibidor de tripsina del salvado crudo y tratado térmicamente ". Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos. Vol. 18 No. 4 80-89 ( 1975 ).

- 12 Daniel, W. W.. "Bioestadística, base para el Análisis de las Ciencias de la Salud". Ed. Limusa, Méx. Tercera reimpresión. - ( 1982 ).
- 13 Dixon, W.; Massey, F. J.. "Introducción al Análisis Estadístico". Ed. Mc. Graw-Hill. Méx. Primera edición. ( 1980 ).
- 14 Escuela de Agricultura de la Universidad de Filipinas, en colaboración del Instituto Nacional para la producción de arroz. "El cultivo de arroz, manual de producción". Ed. Limusa. Méx. Primera edición. 21-29. ( 1980 ).
- 15 Grist. "Arroz". Ed. CECSA. Primera edición. ( 1982 ).
- 16 Haber, A.; Runyon, R. P.. "Estadística General". Fondo Educativo Interamericano, S. A. Primera edición. ( 1972 ).
- 17 Hernandez Aragón, L.. "El arroz, su cultivo y mejoramiento genético en México". Presentado en la reunión sobre pruebas internacionales de arroz para América Latina; CAIT. 1-15. ( 1976 ).
- 18 Hernandez Aragón, L.. "Navolato A-71, nueva variedad de arroz de grano largo y paja corta. Descripción y Cultivo". INIA, circular - CIAS, No. 43, 1-17. ( 1972 ).
- 19 Hogan, J. T.. "Rice processing and Products". Rice Journal. Vol. 75, No. 54, 62-69. ( 1969 ).

- 6 Barber, S; Benedito de Barber, C; Martinez, J.. "Proteínas del salvado de arroz. II . Valor potencial de las fracciones de salvado de arroz como ingredientes de alimentos protéicos ". Rev. de Agroquímica y Tecnología de Alimentos. Vol. 21 No. 2. 247-258 ( 1977 ).
- 7 Barber, S; Botey, J. ; Plaja, S; Tortosa, E.. "Problemas que se plantean en la tipificación de los subproductos del arroz ". Rev. de Agroquím. y Tec. de Alim.. Vol. 12 No. 1. 33-44. ( 1972 ).
- 8 Barber, S; Maqueire, A.. "Proteinas del salvado de arroz. I. Capacidad de extracción de las proteínas del salvado crudo y estabilizado ". Rev. de Agroquím. y Tec. de Alim.. Vol. 17 No. 2. - 209-222. ( 1977 ).
- 9 Barber, S.; Navarro, L.; Tortosa, E.. "Estudio Histológico del germen de arroz ". Rev. de Agroquím. y Tec. de Alim.. Vol. 12 No. 2. 232-245. ( 1972 ).
- 10 Benedito de Barber, C.; Barber, S.. "Constituyentes tóxicos del salvado de arroz. II. Actividad Hemaglutinante del salvado crudo y tratado térmicamente ". Rev. de Agroquím. y Tec. de Alimentos Vol. 18 No. 1 . 89-94. ( 1975 ).
- 11 Burrows Co. inc. "Catalogos de equípo ". No. 17 40-40. ( 1976 ).

- 12 Daniel, W. W.. "Bioestadística, base para el Análisis de las Ciencias de la Salud". Ed. Limusa, Méx. Tercera reimpresión. - (1982).
- 13 Dixon, W.; Massey, F. J.. "Introducción al Análisis Estadístico". Ed. Mc. Graw-Hill. Méx. Primera edición. (1980).
- 14 Escuela de Agricultura de la Universidad de Filipinas, en colaboración del Instituto Nacional para la producción de arroz. "El cultivo de arroz, manual de producción". Ed. Limusa, Méx. Primera edición. 21-29. (1980).
- 15 Grist. "Arroz". Ed. CECSA. Primera edición. (1982).
- 16 Haber, A.; Runyon, R. P.. "Estadística General". Fondo Educativo Interamericano. S. A. Primera edición. (1972).
- 17 Hernandez Aragón, L.. "El arroz, su cultivo y mejoramiento genético en México". Presentado en la reunión sobre pruebas internacionales de arroz para América Latina; CAIT. 1-15. (1976).
- 18 Hernandez Aragón, L.. "Navolato A-71, nueva variedad de arroz de grano largo y paja corta. Descripción y Cultivo". INIA, circular - CIAS. No. 43. 1-17. (1972).
- 19 Hogan, J. T.. "Rice processing and Products". Rice Journal. Vol. 75. No. 54. 62-69. (1969).

- 20 Houston, D. F.. "Rice bran an Polish ". American Assoc. of Cereal Chem. en "Rice Chemistry and Technology " by Houston Ed. Vol. IV. Monograph Series. Cap. 11. 272-291. ( 1972 ).
- 21 Houston, D. F.; Mohammad, A.. "Air classification and sieving of rice bran and polish ". Rice Journal. Vol. 69 No. 8. 20-22. ( 1966 ).
- 22 Hurley, D.; Aguilar, A.; Garibay, J.; Landeros, J.. "Técnicas de diseño experimental ". FES- Cuautitlán. Primera edición. ( 1981 ).
- 23 Juliano, O. B.. "The Rice Caryopsis and its composition ". American Assoc. of Cereal Che. en "Rice Chemistry and Technology " by Houston Ed. Vol. IV. Monograph Series. Cap. 2. 16-27. ( 1972 ).
- 24 Le Clerc, J. A.. "The comparative composition of brown an polished rice; the losses in matwrial due polishing ". Cereal Chem. Vol. 9 600-602. ( 1972 ).
- 25 Lynn, L.. "Ediable rice bran foods ". Riviana fodds Inc. Houston Texas. 154-171. ( 1970 ).
- 26 Pineda, J. A.. "Estudio Histológico e histoquímico del salvado de arroz y su aplicación al proceso IATA de fraccionamiento del sub producto". Facultad de Ciencias de la Universidad de Valencia - España, Tesis Doctoral. 50-67, 175-184. ( 1976 ).

- 27 Primo, E.; Barber, S.. "El arroz, alimento básico en muchísimos países, posee gran capacidad nutritiva dado el alto valor protéico de las partes externas del grano, que suelen desperdiciarse a lo largo del proceso de elaboración del mismo ". Rev. de Agroquím. y Tec. de Alim. Vol. 17 No. 3. 165-184. ( 1976 ).
- 28 Primo, et al.. "Factores de calidad del arroz. XI. Efecto de la eliminación de capas sucesivas del grano sobre las características del arroz ". Rev. de Agroquím. y Tec. de Alim. Vol. 3 No. 3 - ( 1963 ).
- 29 Prabhakara, B.; Chakrabarty, T.; Bahatia, B.; Nath, H.. "Storage changes in rice ". Indian Food Packer. en Journal Rice. Vol. 29 No. 5. 29-37. ( 1976 ).
- 30 Roman, G.; Sánchez, V.. "Industrialización de la cascarilla de arroz como complemento alimenticio para la avicultura ". XII congreso mexicano de Química pura y aplicada. 3-6. ( agosto 1977 ).
- 31 Saunders, R. M.; Betschart, A. A.. "Rice an rice foods; Chemistry an nutrition ". Academic press inc. Tropical foods. Vol. 1 192 -215 ( 1979 ).
- 32 Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos ( SARH ), Dirección general de Agricultura, Subdirección de Planeación. "Cosechas obtenidas ( coordinadas ) de los ciclos primavera-verano 1980-1983.

- 13-19. ( 1983 ).
- 33 Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos ( SARH ), Dirección general de Agricultura, departamento de Evaluación. "Superficie y producción de arroz, ciclos primavera-verano 1979-1983 ", 25-38. ( 1983 ).
- 34 Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos ( SARH ). "Variedades y épocas de siembra de arroz en los diferentes estados de la república ". 3-16. ( 1977-1980 ).
- 35 Secretaría de Programación y Presupuesto ( SPP ), Dirección general de análisis de Ramas Económicas. "Escenarios Económicos de México, perspectivas de desarrollo para las ramas relacionadas 1981-1985". 19-28. ( 1981 ).
- 36 Seed Buro Eq. Co. "Catalogos de equipo ". No. 80. 49-49. (,1981 ).
- 37 Sowbhagya, C. M.; Chattacahya, R.. "Lipid autoxidation in rice ". Journal food Ci. Vol. 41. 1018-1024. ( 1976 ).
- 38 Tortosa, E.; Benedito de Barber, C.. "El salvado de arroz y su valor nutritivo para la alimentación animal ". Rev. de Agroquím. y Tec. de Alim. Vol. 8 No. 4. 408-421. ( 1977 ).
- 39 Trejo, B.; Jayme, S. A. ; et al.. "Diagnostico experimental de la molinería del arroz palay en México; conclusiones y recomenda-

- ciones". FES-Cuautitlán, UNAM, Programa Universitario de Alimentos. 4-14. ( 1980- 1984 ).
- 40 Trejo, B.; Jayme, S. A.; et al.. "Molinos de la República mexicana por estados: producción ". Laboratorio de Tecnología de Cereales, FES- Cuautitlán UNAM. 1-1. ( 1983 ).
- 41 Yamamoto, A.; Fujii, Y.; Yasumoto, K.; Mitsuda, H.. "Partial purification and study of some properties of rice germ lipoxigenase ". Dep. of food Sci. Univ. de Yoto Japon. en Agricultural and Biological Chem. Vol. 44 No. 2. 443-445. ( 1980 ).