

## INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS GRANOS EN LA COSECHA DEL ARROZ

### II. EFECTO SOBRE EL BENEFICIO DE LOS GRANOS\*

**Víctor Montenegro Gálvez\*\***  
**José Domingos Galvao\*\*\***

**Sylvio Starling Brandao\*\*\***  
**Alcides dos Reis Condé\*\*\***

#### I.— INTRODUCCION

La época de cosecha es uno de los factores que más afectan los rendimientos en el proceso de beneficio del arroz.

Cosechas muy tempranas traen como consecuencia el apareamiento de una gran cantidad de granos verdes y yesados que no alcanzaron a desarrollarse completamente. La proporción elevada de estos granos, caracterizados por su poco peso y poca resistencia al atrito, trae como consecuencia la disminución del rendimiento total y de granos enteros y un mayor apareamiento de granos quebrados y granzas.

Cosechas tardías con un bajo contenido de humedad en los granos provocan el aumento de granos partidos lo cual se refleja en un bajo rendimiento de granos enteros en el beneficio. La proporción de granos enteros obtenidos en el descascarillado y en el blanqueo es uno de los factores más importantes para clasificar y determinar el valor del producto.

En esta segunda parte de este estudio se tratará de determinar la mejor época de cosecha, con base en el grado de humedad de los granos, para obtener el mejor rendimiento total y de granos enteros en el proceso de beneficio.

---

\* Parcial del trabajo de Tesis, para optar al título de M. Sc. en Fitotecnia, del primer autor.

\*\* Prof. Asociado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto Colombia.

\*\*\* Profesores Catedráticos de Agricultura General, Universidade Federal de Vicosa, MG, Brasil.

\*\*\*\* Profesor Catedrático de Estadística, Universidade Federal de Vicosa, MG, Brasil. **19**

Smith *et al*, citado por Rhind (15), estudiando el efecto de la fecha de la cosecha sobre el rendimiento y calidad del arroz beneficiado, en arroz cosechado durante un periodo de 30 días, encontraron que las primeras cosechas, presentaban bajos rendimientos en el beneficiamiento. Los mejores resultados, en granos enteros, fueron obtenidos cuando el arroz fue cosechado entre 32 y 35 días, después de iniciarse la espigación.

Kester *et al* (8), en California, estudiando la influencia del grado de maduración sobre varias características del grano, en las variedades de arroz "Caloro", "Calrose" y "Colusa", de granos cortos, encontraron que los mayores rendimientos en el beneficio, ocurrían cuando el contenido de humedad de los granos se encontraba entre 25 y 32%. El mejor rendimiento total para las tres variedades fue obtenido con humedades, en los granos, variando entre 27 y 32%, y el rendimiento de granos enteros alcanzó el máximo con humedades entre 25 y 30%.

Malabuyoc *et al* (10), en Filipinas, encontraron que durante la estación húmeda, el máximo rendimiento total ocurrió cuando la humedad del grano en la cosecha correspondía a 12,8%. El mejor rendimiento medio de enteros (72,2%) fue obtenido en la cosecha realizada con 21,1% de humedad en los granos. En la estación seca el mejor rendimiento de granos enteros ocurrió cuando la cosecha se hizo con 19,0% de humedad en los granos.

En Paramaribo, Have (4), trabajando con cinco variedades de arroz, encontró que el mayor porcentaje de quebrados ocurría cuando los granos presentaban el más alto porcentaje de humedad en la cosecha, este porcentaje decrecía progresivamente hasta un determinado mínimo y luego tornaba nuevamente a aumentar. Posteriormente Have (5) verificó que los mejores rendimientos de arroz industrializado, para las cinco variedades ensayadas fueron obtenidos cuando la cosecha se hizo con humedades en los granos variando entre 19 y 21%.

Morse *et al* (13), en California, encontraron que el porcentaje de granos enteros en el beneficio del arroz, aumenta a medida que la humedad de los granos decrece de 42,6 a 26,2% y progresivamente disminuye desde este punto, a medida que la humedad de los granos se reduce, hasta 12,6%. La disminución en rendimiento de enteros desde el punto de máxima fue en media de 0,6% por cada 1% de pérdida de humedad de los granos en la cosecha. El más alto porcentaje de granos quebrados fue obtenido en el arroz cogido con 12,6% de humedad.

En trabajo realizado en Louisiana, Faulkner y Wratten (3) encontraron que, cuando el arroz maduraba en períodos lluviosos y con alta humedad atmosférica, el porcentaje de enteros alcanzaba el máximo con tenores de humedad en el grano de 12%. En cosechas realizadas en épocas secas, consideradas como normales, el mayor

rendimiento de enteros fue obtenido con 21,33% de humedad en los granos.

McNeal (11), en trabajo llevado a cabo en Arkansas, utilizando cuatro variedades de arroz, verificó que los tenores de humedad de los granos en la cosecha, correspondientes a los más altos rendimientos de granos enteros, variaron entre 16 y 24% para las cuatro variedades.

Brandao *et al* (2), en el Brasil, estudiando la relación entre la humedad de los granos en la cosecha y el rendimiento total y de granos enteros, constataron que humedades en los granos por encima del 25% producían reducción en el rendimiento total. El mayor rendimiento total lo consiguieron con 19,32% de humedad en los granos y el mayor rendimiento de enteros con humedad de 22,40%.

La reducción del rendimiento de granos enteros, en cosechas tardías, según Henderson (6), es causada por el humedecimiento y secamiento alterno de los granos. Para Langfield (9), el llamado "rajamiento por el sol" (sun-cracking), que causa la reducción del rendimiento de granos enteros, resulta de fluctuaciones rápidas de la humedad atmosférica, durante el proceso de maduración del grano. Según Stabel (16), si el arroz es "re-humedecido" en el campo ocurren rajamientos ocasionados por el sol, lo cual causa una gran proporción de quiebra de los granos en el beneficio. Afirma además que el término "Sun-cracking" es inadecuado ya que las rajaduras no se deben al rápido secamiento por el sol, sino al aumento del contenido de humedad en el grano.

### III.— MATERIALES Y METODOS

Los datos correspondientes a la época en que se realizó este trabajo, el sitio, las características climáticas y edafológicas así como los tratos culturales y forma de cosecha se encuentran consignados en el primer artículo de esta serie (12).

Una vez secas y sopladas las muestras, de cada una de éstas se separaron 500 gr. con el fin de determinar el rendimiento total en el beneficio. El beneficio se inició con el descascarillado de los granos. El aparato usado en esta operación fue el "Mc Gill Sheller", debidamente regulado para efectuar el trabajo en 1 minuto, para cada muestra. El arroz sin cáscara fue pesado para calcular la cantidad de cáscara retirada de cada una de las muestras.

El arroz descascarillado se sometió a blanqueo utilizando el aparato "Mc Gill Miller No. 3". La presión usada fue de 1 Kg. en el brazo de la capa del cilindro blanqueador, durante 1 minuto, controlado automáticamente. Terminada esta operación, se pesó el arroz blanqueado.

De cada una de las muestras del arroz blanqueado se retiraron, con la ayuda de el "Precisión Divider", submuestras de 100 gr. de peso. Estas submuestras se utilizaron para determinar la proporción

de granos enteros (fragmentos mayores de 3/4 de grano). El aparato usado en esta operación fue un "cilindro clasificador de alvéolos", de laboratorio, accionado en base a 20 revoluciones por minuto, suplementándose esta operación con una corrección manual.

Para determinar la proporción de roturas (fragmentos menores de 1/4 de grano), se utilizó una zaranda apropiada y además se hizo corrección manual. Se pesaron luego los granos enteros obtenidos, las roturas del peso del arroz blanqueado y se obtuvo el rendimiento total en el beneficio.

Los datos obtenidos se sometieron a análisis de variancia y de regresión, usándose el programa 1130-CA 06X de la IBM (7).

#### IV.— RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla I se encuentran los rendimientos medios totales, los rendimientos medios de granos enteros y los porcentajes medios de roturas y de cascarilla. Los resultados del análisis de variancia aparecen en la Tabla II.

— TABLA I —

Medias del Rendimiento total y de Granos Enteros en el Beneficio, del Porcentaje de Roturas y de Cascarilla, Obtenidos en los Diferentes Contenidos de Humedad

Tenores de Humedad	Rendimiento Total	Granos Enteros	Roturas	Cascarilla
%	%	%	%	%
35,7	64,29	56,00	4,55	24,95
32,7	64,16	66,36	4,31	23,58
28,8	66,40	77,86	2,48	22,07
25,0	68,83	84,00	0,97	20,96
22,0	70,28	81,50	0,95	20,25
20,0	70,46	76,03	1,43	20,84
17,5	70,41	73,53	1,92	20,80
15,2	70,08	61,10	1,93	20,45
C.V. en %	2,63	6,33	17,62	3,89

El análisis de variancia de los datos mostró la existencia de diferencias altamente significativas entre los tratamientos para el rendimiento total y de enteros en el proceso de beneficio y para los porcentajes de rotura y de cascarilla.

— TABLA II —  
Resumen del Análisis de Variancia del Rendimiento Total y de Granos Enteros en el Beneficio y de los Porcentajes de Roturas y de Cascarilla, en los Diferentes Tenores de Humedad.

F.V.	G.L.	CUADRADO MEDIO			
		Rendimiento Total	Granos Enteros	Roturas	Cascarilla
Tratamientos	7	22,71**	297,347**	5,887**	8,577**
Error	16	3,22	20,8295	0,167	0,718

\*\* Valor Significativo, al nivel de 1% de probabilidad.

#### 1.— Rendimiento Total en el Beneficio.

El análisis de variancia de la regresión (Tabla III) mostró el efecto del tenor de humedad del grano, en la cosecha sobre el rendimiento total en el beneficio, siendo altamente significativo el efecto lineal de las componentes estudiadas. A pesar de no ser significativo el efecto cúbico y llevando en consideración la tendencia de los datos obtenidos y el coeficiente de determinación  $R^2 = 99,11$ , se admitió que para los límites de humedad estudiados, el modelo que mejor se ajusta es el de tercer grado para explicar más claramente el efecto del tenor de humedad sobre el rendimiento total en el beneficio.

— TABLA III —

Análisis de Variancia de la Regresión para Rendimiento Total en el Beneficio.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F
Componente 1er. grado	1	141,27	141,37	43,87**
Componente 2o. grado	1	7,23	7,23	2,24
Componente 3o. grado	1	9,21	9,21	2,86
Error	16	51,53	3,22	

\*\* Valor Significativo, al nivel de 1% de probabilidad.

Se observa por el gráfico de la Figura 1 que en las cosechas realizadas con menor contenido de humedad en el grano, el rendimiento total creció rápidamente hasta alcanzar un valor máximo. De ahí en adelante y a medida que se cosechaba más tardíamente, la tendencia del rendimiento total fue de decrecer lentamente.

De acuerdo con las estimativas realizadas, el mayor rendimiento total en el beneficio —71,04%— corresponde a 18,75% de humedad de los granos. Este nivel de máximo rendimiento y la

Análisis de Variancia de la Regresión para Rendimiento de Granos enteros.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F
Componente 1er. grado	1	170,16	170,16	8,16*
Componente 2o. grado	1	1859,46	1859,46	89,17**
Error	16	333,64	20,852	

\* Valor significativo, al nivel del 5% de probabilidad  
 \*\* Valor Significativo, al nivel del 1% de probabilidad.

En la Figura 2, se observa que, a medida que la cosecha se hacía con menores contenidos de humedad en el grano, el porcentaje de granos enteros aumentaba rápidamente, hasta alcanzar un máximo de 83,20%, correspondiente a 24,73% de humedad en los granos, según la ecuación del polinomio ajustado. En seguida a medida que se cogía más tardíamente el porcentaje de enteros volvía a caer sucesivamente, hasta el contenido más bajo de humedad en la cosecha.

Esa reducción en las últimas cosechas puede ser atribuida al humedecimiento y secamiento alterno de los granos que permanecieron en el campo después de la maduración, lo cual causa rajaduras, que originan la quiebra de los granos, durante el beneficio (6, 9, 16).

A idénticos resultados llegaron Kester *et al* (8), Morse *et al* (13) y Nangju y De Datta (14). En el Brasil, Brandao *et al* (2) y Bernardes y Mohr (1) verificaron la misma tendencia en el rendimiento de granos enteros, siendo que el máximo lo obtuvieron con humedades ligeramente más bajas.

### 3.— Porcentaje de Roturas.

En la Tabla V se encuentran los resultados de el análisis de variancia de la regresión, correspondientes al porcentaje de roturas. La humedad del grano en la cosecha, afectó significativamente el porcentaje de roturas, siendo significativo el efecto cúbico y altamente significativos los efectos lineal, cuadrático y de cuarto grado. De acuerdo con estos resultados y del valor del coeficiente de determinación  $R^2 = 99,83$ , el efecto fue ajustado a una ecuación de cuarto grado.

La relación entre la humedad de los granos en la cosecha y el porcentaje de roturas, se encuentran gráficamente representados en la Figura 3. Se verifica que en las cosechas hechas con menores porcentajes de humedad, el porcentaje de roturas disminuyó rápidamente, alcanzando 0,96%, cuando la humedad del grano fue de 22,23%. En cosechas más tardías, las roturas volvieron a aumentar, hasta un punto en el cual la tendencia fue permanecer más o menos estable.

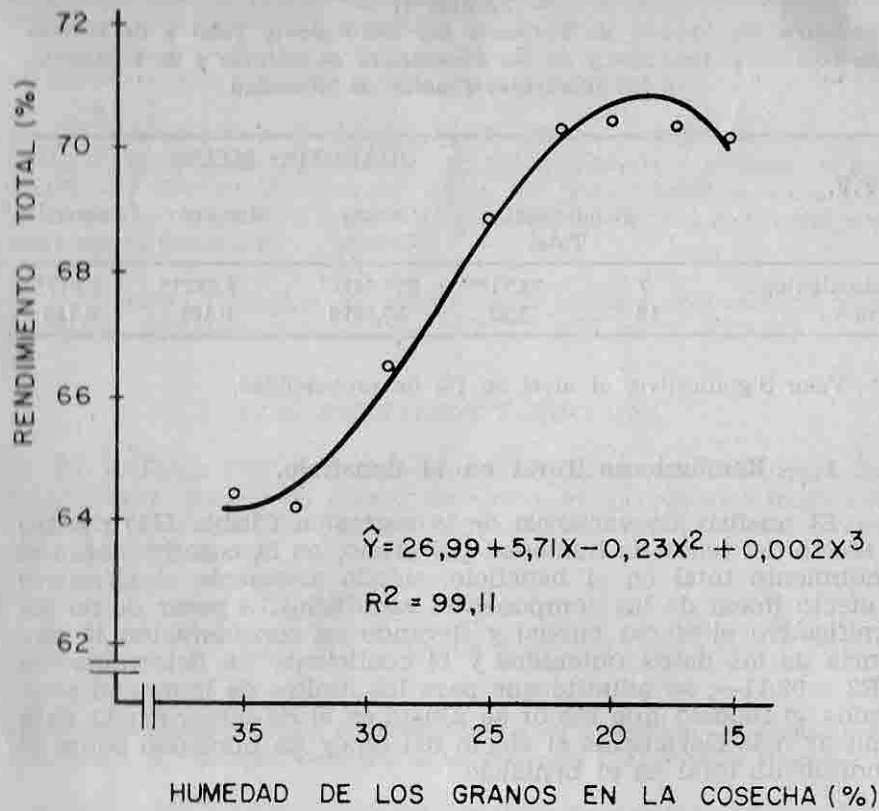


Fig. - 1- Relación entre el contenido de humedad de los granos en la cosecha y el rendimiento total en el proceso de beneficio.

tendencia del rendimiento total de decrecer ligeramente después del punto de máxima, asemejan los resultados a los obtenidos por Have (4) en Paramaribo, por Brandao *et al* (2) en el Brasil y por Bernardes y Mohr (1) también en el Brasil.

### 2.— Rendimiento de Granos Enteros.

El análisis de variancia de la regresión (Tabla IV) mostró ser significativo el efecto lineal y altamente significativo el efecto cuadrático del tenor de humedad del grano en la cosecha, sobre el rendimiento de granos enteros. Por los resultados de este análisis y por el valor del coeficiente de determinación  $R^2 = 97,52$  se admitió que una ecuación de segundo grado pueda explicar el efecto de la humedad de los granos, en la cosecha, sobre el rendimiento de granos enteros en el beneficio.



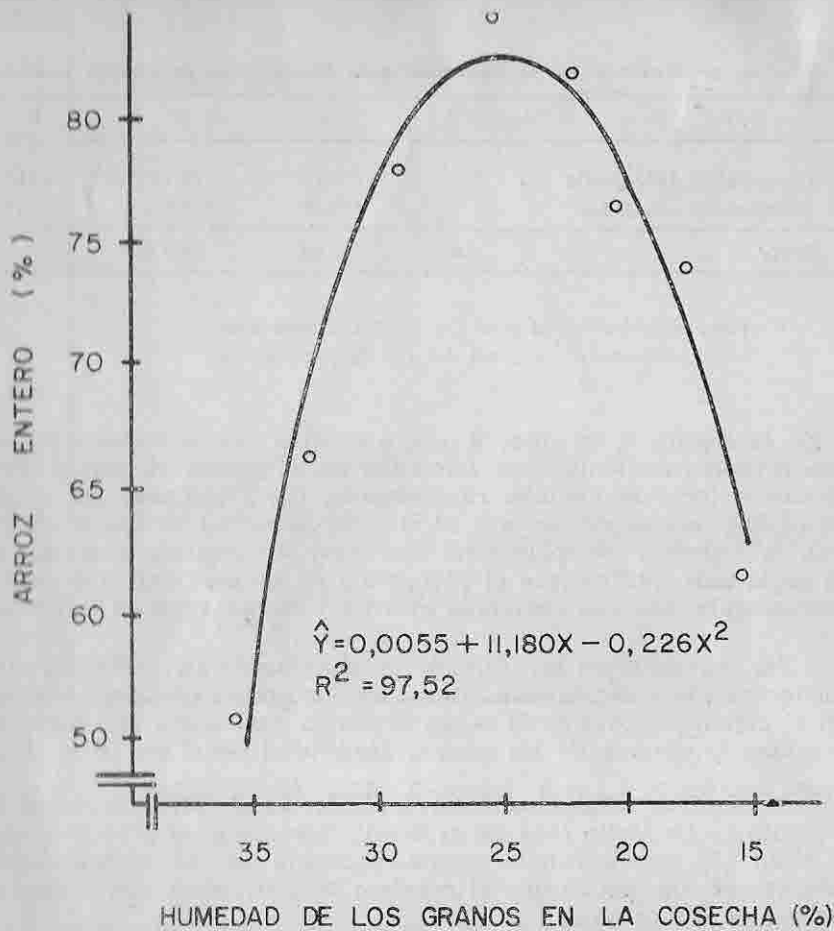


Fig. 2- Relación entre el contenido de humedad de los granos en la cosecha y el rendimiento de granos enteros en el proceso de beneficio.

— TABLA V —

Análisis de Variancia de la Regresión para Porcentaje de Roturas.

P.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F
Componente 1er. grado	1	24.390	24.390	146,00**
Componente 2o. grado	1	12.960	12.960	77,60**
Componente 3o. grado	1	0.750	0.750	4,49*
Componente 4o. grado	1	3.060	3.060	18,32**
Error	16	2.676	0,167	

\* Valor significativo, al nivel del 5% de probabilidad

\*\* Valor significativo, al nivel del 1% de probabilidad.

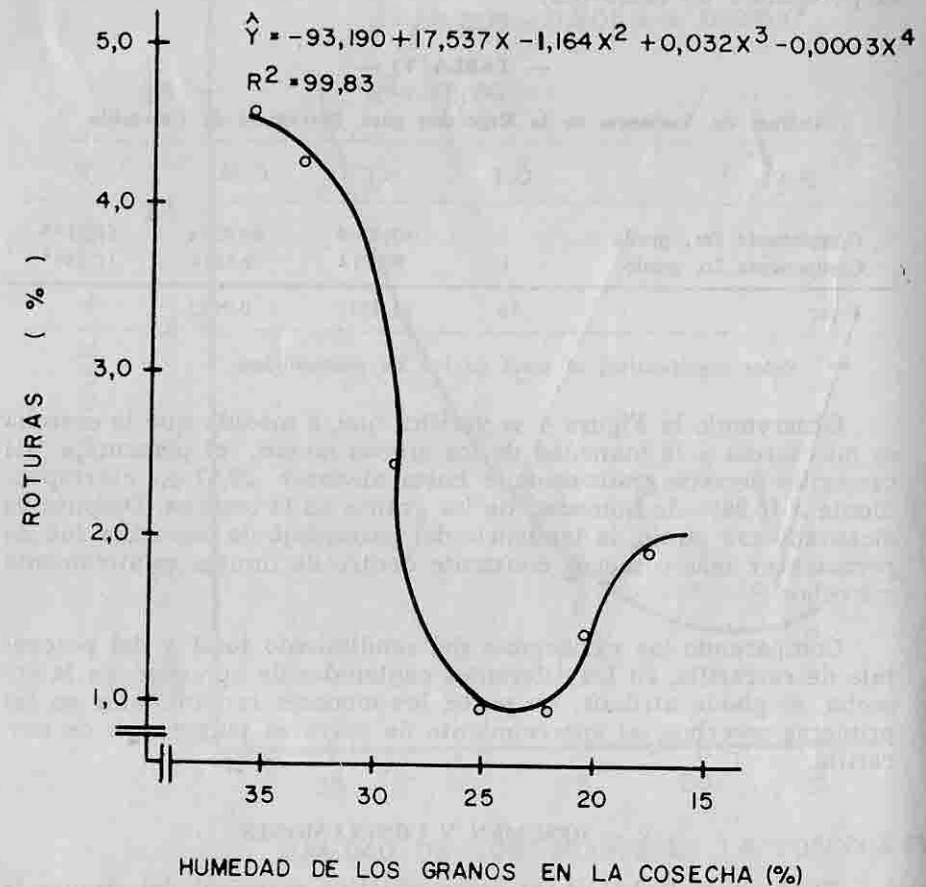


Fig. 3- Relación entre el contenido de humedad de los granos en la cosecha y el porcentaje de roturas en el proceso de beneficio.

Esta tendencia de la rotura a aumentar después de haber alcanzado un valor mínimo, puede atribuirse a una mayor intensidad y ocurrencia alternada de rehumedecimiento y seca, y puede considerarse como el principal factor de reducción del rendimiento total en el beneficio, esto llevando en cuenta que para evaluar el rendimiento total, las roturas son eliminadas, en virtud de no considerárseles como arroz comercial.

#### 4.— Porcentaje de Cascarilla.

Los resultados del análisis de variancia de la regresión para el porcentaje de cascarrilla se encuentran en la Tabla VI. Los efectos lineal y cuadrático detectados presentan diferencias altamente significativas. Tomando como base estos resultados y por el valor de  $R^2 = 79,86$ , se admitió que una ecuación de segundo grado puede ex-

plicar el efecto de la humedad de los granos en la cosecha, sobre el porcentaje de cascarilla.

— TABLA VI —

Análisis de Variancia de la Regresión para Porcentaje de Cascarilla.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F
Componente 1er. grado	1	49,4244	49,4244	68,81**
Componente 2o. grado	1	9,2514	9,2514	12,88**
Error	16	11,4915	0,7182	

\*\* Valor Significativo, al nivel de 1% de probabilidad.

Observando la Figura 4 se verifica que, a medida que la cosecha es más tardía y la humedad de los granos menor, el porcentaje de cascarilla decrece gradualmente hasta alcanzar 20,47%, correspondiente a 18,94% de humedad de los granos en la cosecha. Después de alcanzado ese punto, la tendencia del porcentaje de cascarilla fue de permanecer más o menos constante dentro de límites relativamente estrechos.

Comparando las variaciones del rendimiento total y del porcentaje de cascarilla, en los diferentes contenidos de humedad en la cosecha, se puede atribuir, en parte, los menores rendimientos en las primeras cosechas, al apareamiento de mayores porcentajes de cascarilla.

#### V.— RESUMEN Y CONCLUSIONES

El presente trabajo tuvo como objetivo principal determinar la mejor época de cosecha llevando como base el contenido de humedad de los granos, para obtener el mejor rendimiento total y de granos enteros en el proceso de beneficio. El trabajo se llevó a cabo en la localidad de Vicosá, Municipio de Minas Gerais, Brasil, en el año agrícola 1970-1971.

Se utilizó la variedad de arroz "I.A.C. -1246", de ciclo medio y de granos largos. La cosecha se realizó a mano, cada dos días, a partir del estado en que las panículas presentaban granos en estado lechoso. La humedad de los granos, en la cosecha, varió entre 15,2 a 35,7%, con intervalos de 2 a 3,9%.

Se encontró que el rendimiento total en beneficio aumentó con la disminución de la humedad de los granos, durante la cosecha, hasta cerca de 19%, reduciéndose ligeramente en las humedades más bajas.

El rendimiento de granos enteros, en el beneficio, aumentó con la reducción del porcentaje de humedad de los granos, hasta cerca de 25%, cayendo sucesivamente con la pérdida gradual de la humedad de los granos.

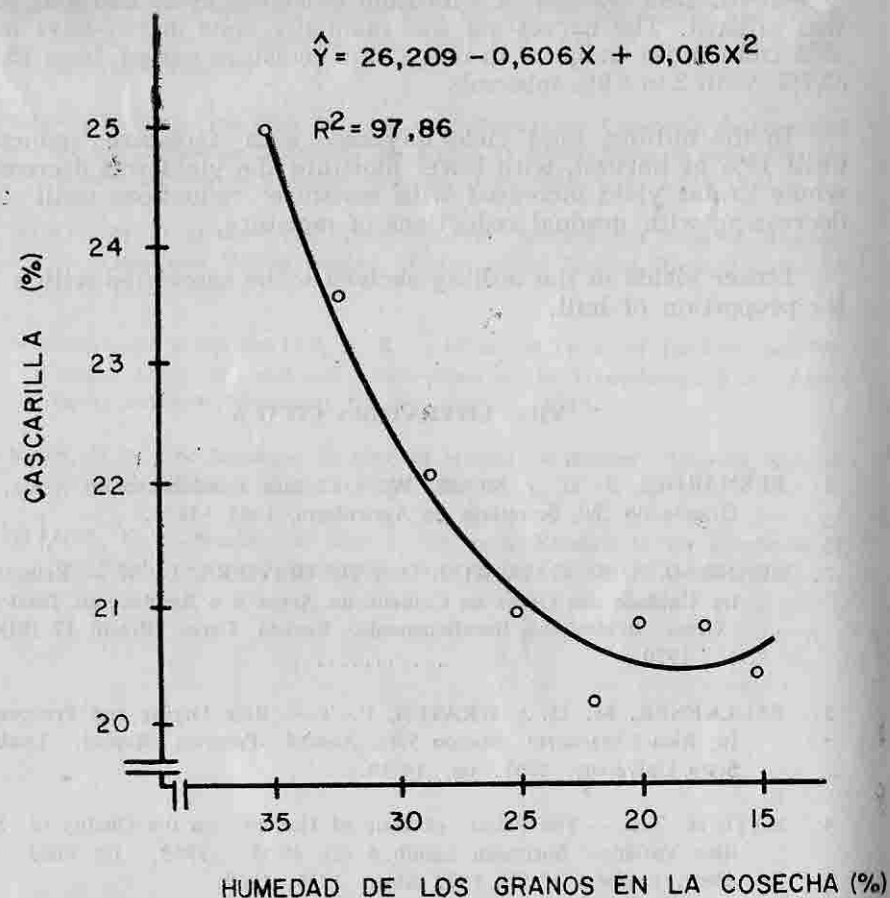


Fig. - 4 - Relación entre el contenido de humedad de los granos en la cosecha y el porcentaje de cascarilla.

Los menores rendimientos totales y de enteros, en el beneficio, obtenidos con las humedades más altas, se muestran asociados con el apareamiento de mayor proporción de cascarilla.

#### VI.— SUMMARY AND CONCLUSIONS

##### THE INFLUENCE OF GRAIN MOISTURE ON RICE HARVESTING

##### II. THE EFFECT ON MILLING

This research was carried out on the agricultural year 1970-1971, in Vicosá, Minas Gerais, country Brasil, with the purpose of determining the best time for harvesting rice, based upon grain moisture and for obtaining the best yield in milling.

"II-AC-1246" variety of a medium biological cycle and long grain was utilized. The harvesting was manually done in two-days intervals from milky stage of grains. Grain moisture varied from 15,2 to 35,7%, with 2 to 3,9% intervals.

In the milling, total yield increased with moisture reductions until 19% at harvest, with lower moisture the yield was decreasing, whole grains yield increased with moisture reductions until 25%, decreasing with gradual reductions of moisture.

Lower yields in the milling showed to be associated with a major proportion of hull.

#### VII— LITERATURA CITADA

1. BERNARDES, B. C. y MOHR, W.— Cultura e Adubacao do Arroz. Rio Grande do Sul, Secretaria de Agricultura, 1962. 48 p.
2. BRANDAO, S. S., GALVAO, J. D. y DE OLIVEIRA, L. M.— Relacao entre Unidade dos Graos na Colheita do Arroz e o Rendimento Total e de Graos Inteiros, no Beneficiamento. Revista Ceres (Brasil) 17 (91): 35-46. 1970.
3. FAULKENER, M. D. y WRATEN, F. T.— Rice Drying and Processing. In: Rice Experiment Station 57th. Annual Progress Report. Louisiana State University, 1965. pp. 14-39.
4. HAVE H. Ten.— The Effect of Date of Harvest on the Quality of Some Rice Varieties. Surinaam Landb 6 (2): 40-53. 1958. In: Field Crop Abstr. England, 12 (3): 197. Abstr. 1226. 1939.
5. HAVE, H. Ten.— The Effect of Date of Harvest on the Quality of Some Rice Varieties. Surinaam Landb 6 (6): 201-209. 1958. In: Field Crop Abstr. England, 13 (1): 28 Abstr. 133. 1960.
6. HENDERSON, S. M.— The Causes and Characteristics of Rice Checking. Rice Journal (New Orleans) 57 (5): 16-18. 1954.
7. I.B.M.— International Business Machines Corporation. 1130 Statistical Sistem (1130 - Ca - 06X): User's Manual. 2nd ed. New York, 1967. 118 p.
8. KESTER, E. B., et al.— Influence of Maturity on Properties of Western Rices. Cereal Chemistry (Minnesota) 40 (4): 323-326. 1963.
9. LANGFIELD, E. C. B.— Time of Harvest in Relation to Grain Breakage on Milling in Rice. Aust. Inst. Agric. Sci., (Melbourne) 23 (4): 340-341. 1957.
10. MALABUYOC, J. A., et al.— Grain Characters, Yield and Milling Quality of Rice in Relation to Dates from Heading. Philippine Agriculturist 49 (8): 696-710. 1966.
11. MC NEAL, X.— When to Harvest Rice for Best Milling Quality and Germination. Univ. of Arkansas Esp. Stat. Bull. 504. 41 p. In: Rice Journal (New Orleans) 55 (3): 10. 1952.
12. MONTENEGRO GALVEZ, V. et al.— Influencia del Contenido de Humedad de los Granos en la cosecha del arroz. I. Efecto sobre la producción de granos. Revista de Ciencias Agrícolas (Colombia) 4 (2): 3-15. 1972.
13. MORSE, M. D. et al.— The Effect of Grain Moisture at Time of Harvest on Yield and Milling Quality of Rice. Rice Journal (New Orleans) 70 (11): 16-20. 1967.
14. NANGJU, D. y DE DATTA, S. K.— Effect of Time of Harvest and Nitrogen Level in Yield and Grain Breakage in Transplanted Rice. Agronomy Journal (Wisconsin) 62 (4): 468-474. 1970.
15. RHIN, D.— The Breakage of Rice in Milling; A Review. Tropical Agriculture (West Indies) 39 (1): 19-28. 1962.
16. STAHEL, G.— Breaking of Rice in Milling in Relation to the Condition of the Paddy. Tropical Agriculture (West Indies) 12 (10): 255-260. 1935.