



EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS NORMALES Y DE CALIDAD PROTEICA BAJO CONDICIONES DE HUMEDAD RESTRICTIVA.

José Romero Mora¹
Mauro Sierra Macías²

RESUMEN. Se evaluaron 40 variedades de maíz durante el ciclo OI 2000/2001 bajo condiciones de humedad restrictiva en el ciclo OI 2000/2001 en el área de influencia del Campo Experimental Papaloapan, en la localidad de Arenal Oro Verde, Mpio. De Isla, Ver., en suelo fluvisol eútrico. Los resultados indicaron que los sintéticos formados bajo sequía rindieron igual que los mejores híbridos comerciales, y superaron 9.9 % en promedio a los otros grupos de genotipos incluidos. Entre los materiales evaluados sobresalen: SINT 5 SEQ, SINT 2 SEQ, SINT 4 SEQ, SINT 6 SEQ, SINT 3 NORMAL, SINT 1 QPM, SINT 3 QPM, VS-536, H-519 C, H-520 y 30F94 los cuales poseen rendimiento estadísticamente igual al testigo H-513, características agronómicas sobresalientes y constituyen alternativas para mejorar la producción regional de maíz.

INTRODUCCION. En la región sur de Veracruz existen terrenos cuya productividad, en el ciclo Otoño - Invierno puede ser incrementada notablemente mediante el uso de tecnologías de producción mejoradas, dada la excelente condición edáfica imperante; sin embargo, en forma recurrente se observan periodos de escasez de agua lo que impone cierta limitación al desarrollo y rendimiento del cultivo, aun a pesar de las excelentes características hidrodinámicas del suelo y el uso de sistemas de labranza reducidos que permiten un aprovechamiento óptimo de la humedad.

Dicha situación obliga a buscar alternativas para maximizar la productividad, con las limitaciones impuestas. Quizenberry (1987) cuando la primera responsabilidad es desarrollar genotipos resistentes a la sequía se debe optar por un enfoque interdisciplinario para evaluar el germoplasma. Esto se debe a que la tolerancia a la sequía es una característica multifactorial que implica aspectos, fisiológicos, bioquímicos, anatómicos y genéticos. Francis (1993) indica que la tolerancia a la sequía es una característica con una probabilidad moderada de éxito a ser mejorada.

El uso de variedades mejoradas es el mejor medio disponible para que en corto plazo se pueda incrementar la productividad de la actividad agrícola. En el caso de los granos básicos esto resulta ser aún más importante dado que el nivel de precios actual no permite hacer una inyección intensiva de insumos para la producción. Por otra parte, como menciona Reeves (1999) la contribución directa de las variedades mejoradas a la agricultura sostenible ha sido grande y fácil de apreciar. Esto deberá reflejarse en la disminución de la apertura de nuevas tierras al cultivo, con la consecuente disminución de la presión a los recursos de ecosistemas frágiles y sobre todo, la disminución de la pobreza.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar los nuevos materiales genéticos que algunas compañías semilleras brindan como alternativa a los productores del sur de Veracruz así como un grupo de materiales sobresalientes de los programas de mejoramiento del INIFAP, con la finalidad de conocer su potencial de rendimiento y características agronómicas y seleccionar aquellos que se adapten mejor a los sistemas de producción regionales.

MATERIALES Y METODOS. El experimento se estableció el día 9 de enero del año en curso en el Ejido Arenal Oro Verde, Mpio. de Isla, Ver., cuya caracterización agroecológica se muestran en el cuadro 1. En dicho ensayo se evaluaron 40 genotipos comerciales y experimentales de provenientes del Programa de Mejoramiento del INIFAP así como de algunas compañías semilleras.

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con dos repeticiones y unidades experimentales de dos surcos de 5 m de largo y 80 cm de separación, considerándose útiles ambos

¹ ING. AGR. Investigador del Programa de maíz y Sorgo del CEPap. Apdo. postal # 43. 95641 Cd. Isla, Veracruz. e-mail: romero.jose@correoweb.com.

² M.C. Líder Regional del Sistema Producto Maíz. Campo Exp. Cotaxtla

surcos. Las variables consideradas para la evaluación fueron: Rendimiento de Grano al 14 % de Humedad (RG), Días a Floración Masculina y Femenina (DFM y DFF) , Altura de Planta Y Mazorca (AP Y AM), Calificación de Planta (CP), Sanidad de Planta (SP), Porcentaje de Acame de tallo y raíz (AT Y AR), Porcentaje de mazorcas no comerciales (NC) y con mala cobertura (MC) y Calificación Visual y de Sanidad de mazorca (CM y SM). El análisis estadístico se realizó mediante el análisis de varianza para las variables evaluadas; en el caso de RG se utilizó el análisis de covarianza, con la finalidad de ajustar los rendimientos debido a que se registraron fallas en algunos de los materiales evaluados, debidas principalmente a pájaros. La separación de medias para la variable RG se realizó con la prueba de Dunnett ($p \leq 0.05$).

Cuadro1. Caracterización agroecológica del sitio experimental. INIFAP-CIRGOC-CEPAP. 2001.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
LOCALIDAD	Ejido Arenal Oro Verde
MUNICIPIO	Isla, Ver.
PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL	1100 mm
TEMPERATURA MEDIA ANUAL	24 °C
ALTITUD	28 m.s.n.m.
PENDIENTE	< 1 %
TIPO DE SUELO	Fluvisol Eútrico
DRENAJE	Lento
PH	5.0
MATERIA ORGÁNICA	3 %

RESULTADOS Y DISCUSION

Condiciones climáticas en el ciclo

Durante el ciclo, las condiciones climáticas (Figura 1) fueron relativamente adversas para el desarrollo del cultivo. Respecto a la precipitación, en el periodo de evaluación, se acumularon 63.1 mm lo que se considera bajo para el desarrollo del cultivo; sin embargo, dado que se sembró bajo el sistema de labranza cero y debido a las características hidrodinámicas del suelo, que retienen una gran cantidad de humedad, el cultivo se desarrolló mostró solo en contadas ocasiones síntomas de estrés hídrico. Posteriormente, las lluvias ocurridas en los meses de marzo y abril, que coincidieron con las etapas de floración y llenado de grano, permitieron la obtención de rendimientos satisfactorios.

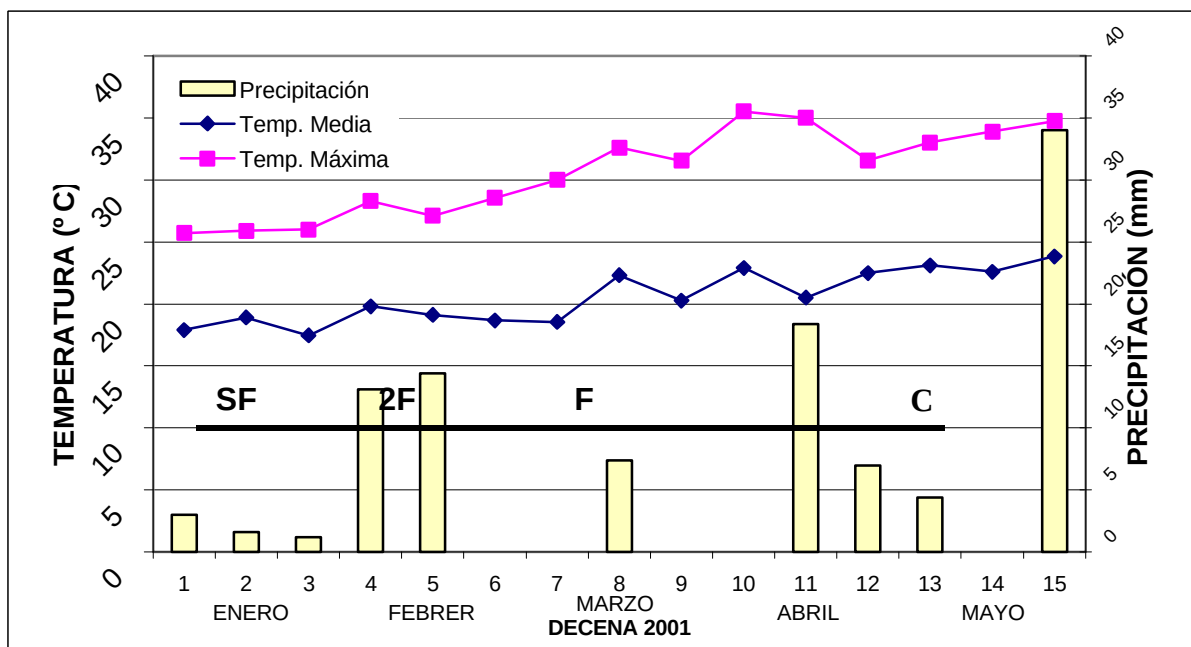


Figura 1. Condiciones agroclimáticas en la región de estudio en el ciclo OI 2000/2001. CIRGOC-INIFAP-CEPAP. 2001. (Abreviaturas: SF= Siembra y 1ª. Fertilización; 2F= 2ª. Fertilización; F= Floración; C= Cosecha).

Con respecto a la temperatura, se puede decir que el periodo fue relativamente benigno, con temperaturas medias de alrededor de 22 °C y máxima de 32 °C, que se consideran apropiadas para el desarrollo del cultivo.

Rendimiento y características agronómicas

Los genotipos evaluados mostraron, en general, buena adaptación y, por tanto, rendimientos que se pueden considerar altos. El rendimiento medio del experimento fue de 6381 kg ha⁻¹, en tanto que el coeficiente de variación del experimento fue de 18.4 %. Los rendimientos ajustados variaron de 3252 en el caso del **SINT. 2 NORMAL** hasta 8461 kg ha⁻¹ con **SINT. 5 Sequía**. Las diferencias, de acuerdo con el análisis de varianza no son significativas ($p < 0.05$). La prueba de Dunnett ($d' = 3719$ kg ha⁻¹) comparando todas las variedades contra **H-513** indica que solo **SINT. 2 NORMAL** difiere estadísticamente. Como se mencionó anteriormente, el nivel de rendimiento pudo verse afectado por efecto de la sequía en la etapa vegetativa, aunque se observó una excelente recuperación después de las lluvias de marzo y abril.

En la evaluación se tuvieron seis grupos de genotipos: Variedades sintéticas seleccionadas para tolerancia a sequía (**SS**), Variedades sintéticas seleccionadas en ambiente normal (**SN**), Variedades sintéticas de alta calidad proteínica (**SQPM**), Variedades de polinización libre comerciales (**VPL**), Híbridos liberados de calidad proteínica (**HQPM**) y Híbridos comerciales (**HC**); de acuerdo a los resultados observados, tales grupos de genotipos tuvieron rendimientos medios de 7202, 6440, 5993, 6985, 6711 y 7201 kg ha⁻¹ (Figura 2). Como puede verse los grupos **SS** y **HC**, fueron los de mayor rendimiento y superan a los grupos **VPL**, **HQPM**, **SN** y **SQPM** en 3.3, 6.8, 10.5 y 16.8 % respectivamente, lo que indica que la selección realizada en el programa de mejoramiento para resistencia a sequía realizado en el CIRGOC ha sido altamente efectiva, considerando que los sintéticos formados se encuentra en niveles de rendimiento a los mejores híbridos en uso en la actualidad. Es posible que el uso de las líneas progenitoras en programas de hibridación dé lugar a combinaciones de mayor rendimiento con la ventaja de la tolerancia al estrés hídrico.

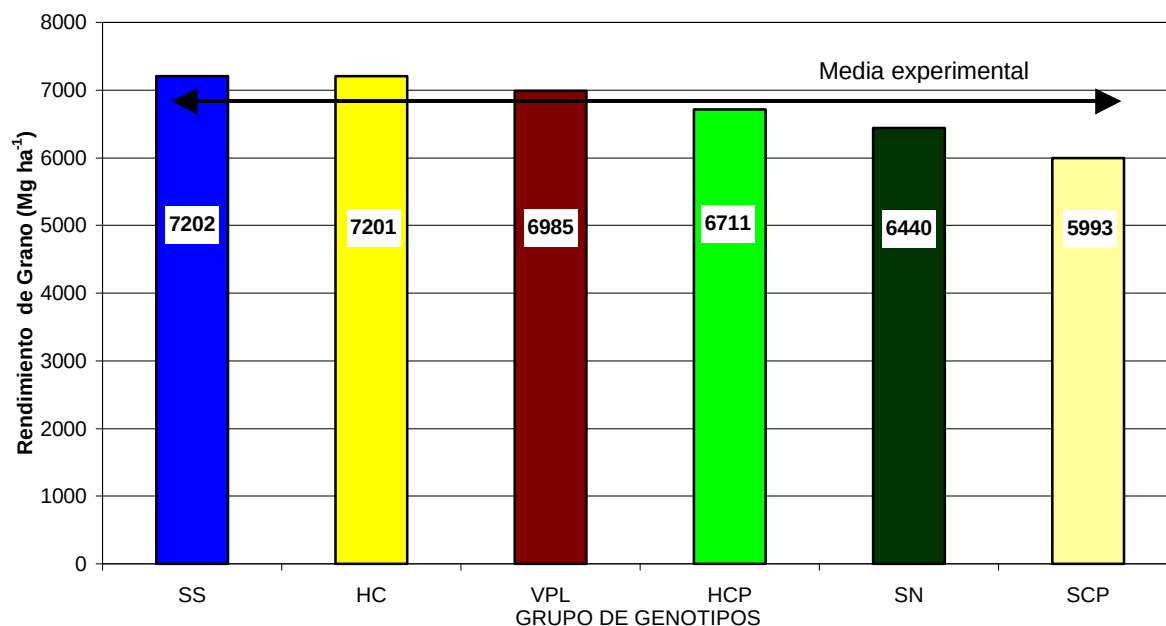


Figura 2. Rendimientos promedio de diferentes grupos de genotipos evaluados bajo condiciones de humedad restrictiva en el ciclo OI 2000/2001 en Isla, Ver. INIFAP-CIRGOC-CEPAP. 2001.

Del primer grupo de materiales (Sintéticos obtenidos bajo sequía) sobresalen los materiales **SINT 5 SEQ**, **SINT 2 SEQ**, **SINT 4 SEQ** y **SINT 6 SEQ** cuyos rendimientos medios fueron de 8461, 8013, 7583 y 7515 kg ha⁻¹, respectivamente. Es oportuno mencionar que existen otros materiales con



potencial dentro de este grupo. Con respecto al grupo de sintéticos normales, sobresale el **SINT 3 NORMAL**, cuyo rendimiento fue 7741 kg ha⁻¹, y que además mostró menores porcentajes de mala cobertura que sus homólogos.

Entre los sintéticos de alta calidad de proteína sobresalen los **SINT 1 QPM Y SINT 3 QPM**, con rendimientos de 6440 y 6220 kg ha⁻¹. En general, este fue el grupo de menor rendimiento. Entre las variedades de polinización libre liberadas sobresale **VS-536** cuyo rendimiento fue de 7361 kg/ha. Por su parte, en el grupo de híbridos liberados, **H-513** supera ampliamente a sus homólogos con un rendimiento de 8164 kg ha⁻¹. También figuran **H-520 y 30F94**, cuyos rendimientos fueron de 7056, 7245 y 6475 kg ha⁻¹.

Algunos materiales dentro de cada grupo muestran buen potencial de rendimiento, pero en ocasiones muestran cierta deficiencia en cuanto a cobertura, sanidad o apariencia.

La floración no mostró diferencias significativas en las variedades estudiadas y ocurrió entre los 71 y 65 días, siendo los genotipos más tardíos: **SINT 15 SEQ y H-512**; en tanto que **SINT 1 SEQ** fue el más precoz. El promedio para esta variable fue de 69 días.

La altura de planta varió de 153 hasta 235 cm, siendo el más bajo **SINT 2 SEQ** y el más alto **H-513**. Aun cuando la sequía pudo haber limitado el crecimiento de las plantas, se pudo observar que el arquetipo de la mayoría de las plantas corresponde a los estándares modernos de planta de porte medio a bajo y hojas erectas a semierectas. Por su parte, la altura de mazorca varió de 78 a 120 cm, las variedades en los extremos fueron **SINT 11 SEQ y SINT 3 QPM**, respectivamente. Un punto interesante es que los sintéticos obtenidos bajo sequía mostraron, en general, altura de planta baja, que de acuerdo a Edmeades y Lafite (1986) es una característica asociada a la tolerancia a la sequía y con una mejor distribución de la materia seca producida.

Las calificaciones de planta variaron entre 6.0 y 8.0, en tanto que las de sanidad de planta lo hicieron de 6.5 a 8. Por su parte las calificaciones de mazorca y sanidad de mazorca, variaron de 7.0 a 8.5. Las calificaciones de planta pudieron ser afectadas debido a la sequía que se presentó en el periodo de crecimiento vegetativo; no así las de aspecto de mazorca toda vez que, en el periodo de llenado de grano, ocurrieron precipitaciones que favorecieron su desarrollo.

En cuanto a sanidad de planta resultaron relativamente deficientes los materiales **SINT 3 SEQ, SINT 12 SEQ, SINT 4 NORMAL, SINT 2 QPM, SINT 3 QPM, V-530, H-518, H-553 C Y CMB 2**, cuya calificación fue de 6.5. Debido a las escasas precipitaciones ocurridas en el periodo, la calificación de sanidad de mazorca, cuyo promedio fue 8.2, fue relativamente alta para la mayor parte de los genotipos evaluados.

Respecto a los porcentajes de mala cobertura variaron entre 9.3 y 38.7 %, con un valor medio de 21.23 %, lo que indica cierta deficiencia en este carácter. El grupo con menor porcentaje de mala cobertura fue el de híbridos liberados (17.1 %), en tanto que el de mayor porcentaje fue el de sintéticos seleccionados bajo sequía, lo que sugiere que habrá imprimir una mayor presión de selección para este carácter en las etapas de formación y selección de las líneas que los integran. En cuanto a la variable de mazorcas no comerciales varió entre 0 y 5.7 %, obteniendo el mayor porcentaje la variedad **V-530**.

Al igual que en otros ciclos, se pueden observar cambios asociados al mejoramiento genético, con relación al arquetipo, en los materiales de reciente introducción, aunque debe hacerse mención que es necesario reforzar el mejoramiento para cobertura y sanidad de mazorca pues fue uno de los puntos más deficientes en general.



CONCLUSION.

No se observaron diferencias significativas entre las variedades evaluadas en ninguna de las variables bajo evaluación.

Los sintéticos formados en el programa de mejoramiento para tolerancia a sequía del INIFAP igualaron a los mejores híbridos de uso comercial y superaron al resto de los grupos de genotipos incluidos en el ensayo en 9.85 %, lo que indica avances en el proceso de selección y la posibilidad de obtener combinaciones superiores en el proceso de hibridación.

El genotipo **SINT 2 NORMAL** fue el único que resultó estadísticamente inferior al testigo **H-513**.

El grupo de genotipos que incluye a SINT 5 SEQ, SINT 2 SEQ, SINT 4 SEQ, SINT 6 SEQ, SINT 3 NORMAL, SINT 1 QPM, SINT 3 QPM, VS-536, H-519 C, H-520 y 30F94 poseen rendimiento estadísticamente igual al testigo **H-513** y características agronómicas sobresalientes, y constituyen alternativas para la producción regional de maíz.

LITERATURA CONSULTADA

- Edemeades, G.O. y H.R. Lafite. 1988. La Fitofisiología Y El Mejoramiento Del Maíz. En. CIMMYT Reseña de la investigación 1986. México, D.F. México. pp. 12 – 23.
- Francis, C.A. 1993. Crop Breedin Objectives And Methods. In: M.B. Callaway and C.A. Francis (eds.). Crop Improvement For Sustainable Agriculture. Lincoln, Nebraska. Univ. Of Nebraska.
- Quizenberry, J.E. 1987. Mejoramiento De La Planta Para La Resistencia A la Sequía Y El Aprovechamiento Del Agua. En: M.N. Christiansen y C.F. Lewis. Mejoramiento De Las Plantas En Ambientes Poco Favorables. Limusa. México. pp. 233-256.
- Reeves, T.G. 1998. Sustainable Intensification Of Agriculture. México, D.F. CIMMYT.

**Cuadro 4.** Características agronómicas y rendimiento de los materiales evaluados durante el ciclo OI 2000/20001.¹ INIFAP-CIRGOC-CEPAP. 2001

No. VAR	HÍBRIDO	REND	DÍAS A	ALTURA			CALIFICACIÓN			MAZORCAS	
		AJUST ⁵	ANTÉISIS	PLANTA	MAZORCA	PLANTA	SANIDAD PLANTA	MAZORCA	SANIDAD MAZORCA	MALE COB	PODRIDA
		kg ha ⁻¹	días	-----cm-----			----escala 1-9----			-----%-----	
5	SINT 5 SEQ	8461 a	70	205	113	7.5	7.5	8.0	7.5	22.2	0.0
40	H-513	8164 a	69	235	117	8.0	8.0	8.0	8.5	15.1	0.8
2	SINT 2 SEQ	8013 a	67	153	103	6.5	7.0	8.0	8.0	25.2	0.0
34	H-520	7802 a	69	205	103	7.0	7.0	7.5	8.0	23.2	0.0
18	SINT 3 NORMAL	7741 a	66	213	90	7.0	7.0	7.5	8.5	17.7	0.0
22	SINT 7 NORMAL	7699 a	68	206	98	6.5	7.0	8.0	8.0	20.5	0.0
9	SINT 9 SEQ	7605 a	70	205	105	7.0	7.0	8.5	7.5	28.9	0.0
4	SINT 4 SEQ	7583 a	68	200	94	7.5	7.5	8.5	7.5	21.9	0.0
3	SINT 3 SEQ	7524 a	69	204	100	7.5	6.5	8.5	8.0	24.9	0.0
6	SINT 6 SEQ	7515 a	70	203	113	7.5	7.5	8.0	8.5	14.7	0.0
29	SINT LPS	7478 a	69	223	103	8.0	7.5	8.5	9.0	28.4	0.0
16	SINT 1 NORMAL	7361 a	68	208	108	7.5	7.0	7.5	7.5	22.6	2.2
31	VS-536	7361 a	69	198	90	6.5	7.5	7.5	8.0	11.4	0.0
37	V-537 C	7298 a	69	205	113	7.5	7.0	8.0	8.0	35.2	0.0
12	SINT 12 SEQ	7286 a	70	184	93	7.5	6.5	7.5	7.5	24.2	0.0
33	H-518	7245 a	69	198	105	7.5	6.5	8.5	8.0	20.6	0.0
20	SINT 5 NORMAL	7220 a	68	183	88	6.0	7.5	7.0	7.5	20.5	1.9
14	SINT 14 SEQ	7127 a	70	179	93	7.5	7.5	7.5	8.0	31.2	0.0
35	H-519C	7056 a	69	221	103	7.5	7.5	7.5	7.5	9.3	0.0
13	SINT 13 SEQ	7012 a	69	201	98	7.5	7.5	8.5	8.0	25.3	2.5
30	C-343	6851 a	69	169	89	7.0	7.0	8.5	7.5	14.4	0.0
28	SINT TS6	6685 a	68	188	88	7.0	7.0	8.0	7.0	18.6	0.0
39	H-512	6669 a	71	198	101	7.0	7.0	7.5	8.0	13.7	0.0
1	SINT 1 SEQ	6656 a	65	200	105	7.5	7.0	7.5	7.5	12.7	3.2
7	SINT 7 SEQ	6632 a	69	191	90	7.0	7.0	7.5	8.0	18.4	0.0
23	SINT 8 NORMAL	6612 a	68	210	118	7.0	7.0	7.5	8.0	9.3	0.8
8	SINT 8 SEQ	6595 a	70	193	105	7.5	7.5	7.0	7.5	27.3	0.0
15	SINT 15 SEQ	6544 a	71	193	90	7.0	7.0	8.0	8.5	34.9	0.0
10	30F94	6475 a	70	220	115	7.0	8.0	8.0	8.0	14.3	0.0
24	SINT 1 QPM	6440 a	70	193	83	7.5	7.0	7.5	7.5	19.0	0.0
36	H-553C	6366 a	69	182	78	7.0	6.5	7.5	8.5	25.9	0.0
27	SINT 4 QPM	6338 a	70	198	108	6.5	7.0	7.5	8.0	27.8	0.0
32	V-530	6296 a	70	167	80	6.5	6.5	8.0	7.5	25.2	5.7
11	SINT 11 SEQ	6278 a	68	174	78	7.0	7.5	7.5	8.5	38.7	1.0
21	SINT 6 NORMAL	6247 a	70	198	100	7.0	7.0	7.5	8.0	17.7	3.9
26	SINT 3 QPM	6220 a	70	226	120	7.0	6.5	7.5	8.0	14.8	3.4
19	SINT 4 NORMAL	5754 a	66	205	86	7.0	6.5	7.0	7.5	13.8	1.0
25	SINT 2 QPM	4973 a	70	183	78	6.5	6.5	7.0	8.0	13.9	0.0
38	CMB2	4790 a	69	194	101	6.0	6.5	7.5	8.0	16.5	0.0
17	SINT 2 NORMAL	3253 b	67	199	98	7.5	7.5	8.0	7.0	29.3	0.0
SIGNIF. ¹		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS
PROMEDIO		6830	69	195	98	7.1	7.1	7.8	7.9	21.23	0.65
CV (%) ²		18.43	2.44	11.7	16.7	9.1	6.9	8.9	8.2	49.55	14.5
dms ³		3719									

¹Los datos corresponden al promedio de 2 repeticiones²Rendimientos ajustados por covarianza. Valores en columnas unidos con la misma letra son iguales ($p > 0.05$) según la prueba de Dunnett³NS= no significativo según el análisis de varianza al nivel de $p > 0.05$ ⁴CV (%) Coeficiente de Variación⁵valor de diferencia mínima significativa según la prueba de Dunnett y Tukey para las variables RG y el resto, respectivamente ($p = 0.05$)