

# COMPORTAMIENTO DE CINCO POBLACIONES DE MAÍZ Y DE SUS RESPECTIVOS HÍBRIDOS INTERPOBLACIONALES EN SUELOS FERTILES Y ACIDOS

Elto Eugenio Gomes e Gama, Ricardo Magnavaca\*, Augusto Ramalho de Morais\*\* y Antonio Carlos de Oliveira\*\*\*.

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue verificar el comportamiento de cinco poblaciones de maíz (*Zea mays L.*), seleccionados en condiciones de suelo cerrado no corregido (ácido) (CMS 36 y CMS 30) y en suelo de cerrado corregido (CMS 14, CMS 04 y CMS 13), sus cruzamientos y cuatro híbridos comerciales en dos ambientes: suelo ácido y fértil. Los caracteres utilizados en este estudio fueron: peso de mazorca (PE), altura de planta (AP), altura de mazorca (AE) y días a la floración masculina (DFM). Todos los caracteres fueron afectados por el tipo de ambiente. Para PE las poblaciones CMS 36 y CMS 30, presentaron buen desempeño en suelo ácido más no en suelo fértil y las poblaciones CMS 04, CMS 14 y CMS 13 fueron mejores en suelo fértil. El híbrido CMS 36 x CMS 30 fue el mejor en suelo ácido y el CMS 14 x CMS 36 fue el mejor en suelo fértil. La población CMS 36 fue superior a los cuatro híbridos comerciales en suelo ácido. El análisis conjunto de variancia mostró efectos altamente significativos ( $P < 0,01$ ) para localidades (PE, AP, AE y DFM), población (AP y AE) y localidad x población (PE); y significativos ( $P < 0,05$ ) para cultivares (PE, AP y AE), poblaciones (PE y DFM), heterosis media (PE, DFM), y localidad por cultivar (PE), y localidad x población (DFM). Para el carácter PE la mayor estimación de los efectos de localidades por heterosis de población fue de la CMS 36 en suelo fértil y en suelo ácido fue la CMS 04. Los híbridos CMS 30 x CMS 13 y CMS 36 x CMS 30 presentaron el mayor y menor efecto de localidad por heterosis específica para suelo fértil y ácido, respectivamente. Para eterosis de población la CMS 30 presentó el mayor efecto, en tanto que la CMS 04 presentó el menor. Mayores efectos para heterosis específica fueron detectados para los híbridos CMS 30 x CMS 13 y CMS 13 x CMS 36.

Términos para indexación: *Zea mays L.*, selección, toxicidad de aluminio, heterosis, cruzamiento dialélico.

\* Ing. Agr., Ph D. Investigador de EMBRAPA/CNP Maíz y Sorgo. Caixa Postal 151-35700 Sete Lagoas-Minas Gerais.

\*\* Ing. Agr., M. Sc. Investigador de EMBRAPA/CNP Maíz y Sorgo. Caixa Postal 151-35700 Sete Lagoas-Minas Gerais.

\*\*\* Ing. Agr., Dr. Investigador de EMBRAPA/CNP Maíz y Sorgo. Caixa Postal 151-35700 Sete Lagoas-Minas Gerais.

## INTRODUCCION

El Brasil Central posee una vasta área representada por suelos bajo vegetación de cerrado—suelos ácidos (Figura 1). Según Sánchez et. al., (1974), existen cerca de 192,9 millones de hectáreas de área de cerrado en el Brasil (Cuadro 1). Esos tipos de suelos presentan orígenes geológicos diversos y, en general, están caracterizados por baja retención de agua, ocurrencia de veranillos, alta saturación de aluminio, acidez elevada, baja CTC efectiva, baja disponibilidad de fósforo y zinc y limitada capacidad de nitrógeno.

La economía de esta extensa región está basada, principalmente, en la pecuaria con pasturas naturales de baja capacidad de soporte (ENRICH, 1972). Entre tanto este cuadro viene cambiando rápidamente, en base a la potencialidad de esos suelos para producción agrícola, existiendo grandes perspectivas de aumentar la producción de cereales a través de la expansión del cultivo de maíz. Por otro lado, si estos suelos fueren manejados adecuadamente darían productividades compatibles a aquellas observadas en áreas de suelos fértiles.

La baja productividad del maíz, y la baja respuesta de esos tipos de suelos a las fertilizaciones pueden ser en gran parte atribuidas al aluminio presente en niveles tóxicos (OLMOS Y CAMARGO, 1976). La presencia de aluminio es particularmente severa en condiciones de suelo con pH inferior a 5,0, pudiendo entre tanto, ocurrir en concentraciones tóxicas en pH en torno de 6,5. El aluminio restringe el desarrollo del sistema radicular, limitando la cama de suelo a ser explorada por las raíces (FOY, 1974., CLARKSON y SANDERSON 1969). El agua del subsuelo se torna inaccesible y las plantas pueden sufrir con el déficit hídrico durante el período de estiaje. También, el aluminio interfiere en la absorción y utilización de algunos elementos esenciales como P, K, Ca, Fe y Mg.

En muchas especies de plantas hay variedades que difieren mucho en su tolerancia a la toxicidad de Al. Esas diferencias son controladas genéticamente, permitiendo una alternativa promisoriosa, por la selección de variedades más tolerantes (MELO, 1983).

Se sabe que existe variabilidad genética en genotipos de maíz que les confiere tolerancia a la elevada acidez (N. C. S. U., 1974; WINKLER, 1973) y al aluminio tóxico (BAHIA FILHO et al., 1976). FOY (1974) enfatiza la necesidad de un mejoramiento genético específico para tolerancia al aluminio tóxico para así obtener cultivares más adaptados a las grandes áreas del país.

El presente trabajo pretende mostrar el comportamiento genético de algunas poblaciones mejoradas en suelos bajo vegetación de cerrado y de sus híbridos interpopulacionales, evaluados en condiciones de suelos fértiles y de cerrado (ácido).

## MATERIALES Y METODOS

Para el desarrollo de este trabajo fueron utilizadas las siguientes poblaciones: CMS 14, CMS 04, CMS 30, CMS 13, y CMS 36 (Cuadro 2). Las poblaciones CMS 14 y CMS 04 fueron seleccionadas de las poblaciones "POOL 25" y Amarillo dentado introducidas del CIMMYT (México); la población CMS 30 fue seleccionada a partir del Compuesto Dentado sintetizado en la ESALK (Piracicaba SP); la población CMS 13 fue seleccionada a partir de una recombinación de materiales introducidos, híbridos y variedades comerciales brasileras; la población CMS 36 fue sintetizada a partir de 18 líneas endogámicas de diferentes germoplasmas, seleccionadas para mayor tolerancia a la toxicidad de aluminio y eficiencia en la utilización de fósforo. Las poblaciones CMS 30 y CMS 36 fueron seleccionadas a través del método de selección de medios hermanos en suelos de cerrado no corregido. La población CMS 14 fue mejorada por el método de selección de progenies S1 y las poblaciones CMS 04 y CMS 13 por el método de selección de medios hermanos, pero en condiciones de suelos de cerrado corregido. Esas poblaciones fueron inter cruzadas, en un sistema dialélico, originando los 10 híbridos interpopulacionales. Durante los años agrícolas de 83/84 y 84/85, fueron instalados, en el Centro Nacional de Investigación de Maíz y Sorgo (CNPMS), experimentos con diseño de bloques al azar con tres repeticiones, en suelo fértil (CAMBISSOLO EUTROFICO) y suelo de cerrado (LATOSSOLO

ROJO OSCURO), cuyas características químicas pueden verse en el Cuadro 3. Cada experimento costó de 20 tratamientos: las poblaciones, los híbridos inter poblacionales, y testigos (CARGILL 511, AGROCERES 301, DINA 3030, CMS 201, CARGILL 111, y BR 201 X). Cada parcela útil fue formada por dos líneas de plantío, de 5 metros cada una, espaciados a 0.20 m entre golpes y un metro entre líneas, representando 50.000 plantas por hectárea. Fueron colectados los datos para floración masculina (DFM), altura de planta (AP) y mazorcas (AE) y producción de mazorcas deshojadas (PE).

Las condiciones pluviométricas durante el desarrollo del maíz, en los dos años, fueron obtenidas de la Estación Meteorológica Principal de Sete Lagoas y del Posto Meteorológico del CNPMS—Cerrado—y, que se encuentran en las Figuras 2 y 3.

Los valores medios observados de los caracteres PE, AP, AE y DFM fueron sometidos a análisis de variancia, de acuerdo con el modelo matemático propuesto por MORAIS et al., (1986).

$$Y_{ijj'} = m + \frac{1}{2}(v_j + v_{j'}) + 1_i + \frac{1}{2}(1_{vij'}) + \Theta(\bar{h} + h_j' + s_{jj'} + 1h + 1\bar{h}_{ij} + 1h_{ij'} + 1s_{ijj'}) + \bar{e}_{ijj'}$$

Donde:

- $Y_{ijj'}$  : Son los valores observados
- $m$  : es la media de las poblaciones paternas
- $v_j$  : es el efecto de la  $j$ -ésima población ( $j = 1, 2, \dots, 5$ ); lo mismo para  $v_{j'}$
- $1_i$  : es el efecto del  $i$ -ésimo local ( $i = 1, 2$ )
- $1_{vij}$  : es el efecto de la interacción del  $i$ -ésimo local con la  $j$ -ésima población
- $\bar{h}$  : es la heterosis media
- $h_j$  : es el efecto de la heterosis de población conferida por la  $j$ -ésima población a los cruzamientos en que participa (lo mismo para  $h_{j'}$ )
- $s_{jj'}$  : es el efecto de la heterosis específica debido al cruzamiento de las poblaciones  $j$  y  $j'$
- $1\bar{h}_i$  : es el efecto de la interacción del  $i$ -ésimo local con la heterosis media
- $1h_{ij}$  : es el efecto de la interacción del  $i$ -ésimo local con la heterosis de la  $j$ -ésima población (lo mismo para  $1h_{ij'}$ )
- $1s_{ijj'}$  : es el efecto de la interacción del  $i$ -ésimo local con el cruzamiento de las poblaciones  $j$  y  $j'$
- $\bar{e}_{ijj'}$  : es el error experimental medio, tal que  $\sim N(0, \sigma^2)$

Si considera todavía, la  $\Theta$  es igual a 0 cuando  $j = j'$  y  $\Theta = 1$  cuando  $j \neq j'$ , representando las poblaciones y los cruzamientos, respectivamente.

Las estimaciones de los efectos de los parámetros y de las diferentes sumas de cuadrados fueron determinadas a través de fórmulas propuestas por MORAIS et al., (1986). En el análisis de variancia, el cua-

drado medio del residuo fue utilizado como denominador, para probar la significación de las diferentes fuentes de variación, a través de la prueba de F.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 4, se muestran los datos medios para los cuatro caracteres estudiados en suelo de cerrado y suelo fértil. Los resultados de las pruebas efectuadas en condición de cerrado mostraron que las poblaciones CMS 36 y CMS 30, seleccionadas en suelos ácidos (presencia de aluminio tóxico), presentaron una productividad superior a las demás poblaciones. Estas dos poblaciones produjeron, en promedio, 12,82% más que los cuatro híbridos comerciales (CARGILL 511, DINA 3030, AGROCERES 301, CARGILL 111). Con relación a los caracteres (AP) y (AE) estas poblaciones fueron, respectivamente, 9,47% y 16,36% superiores a los híbridos comerciales. Para el carácter días a la floración estas poblaciones fueron 1,42% más precoces que los híbridos comerciales. Los híbridos interpoblacionales CMS 36 x CMS 30 x CMS 36 x CMS 13, CMS 14 x CMS 36, CMS 14 x CMS 30, CMS 36 x CMS 04, y CMS 30 x CMS 13 se destacaron como los más productivos. De estos el híbrido interpoblacional CMS 30 x CMS 36, presentó la mayor productividad media de mazorca deshojada (3.677 µg/ha) y fue 9,38% superior a los híbridos comerciales. Para (AP) y (AE) este híbrido fue superior en 6,73% y 8,67% a los híbridos comerciales, respectivamente. En cuanto al ciclo, fue 2,14% más precoz que los híbridos comerciales. Se verificó que los mejores híbridos fueron aquellos en que las poblaciones CMS 30 y CMS 36 participaron en los cruzamientos. Estos resultados evidencian el potencial de estas dos poblaciones, bien como el híbrido interpoblacional resultante de sus cruzamientos, para el cultivo en suelo de cerrado como la ocurrencia de aluminio tóxico.

En el cerrado, la ocurrencia de veranillo ha causado efectos negativos en la producción de maíz. La falta de agua durante uno a dos días en la fase de floración masculina o de polinización puede causar una reducción de la producción de hasta 22% (ROBINS y DOMINGO, 1953). Pero, este stress, cuando ocurre en la fase de hinchamiento de los granos (McPHERSON y BOYER, 1977) y en el estado vegetativo (DENMEAD y SHAW, 1960) causa menor efecto en la producción de maíz. Las condiciones ambientales no favorables ocurridas entre las fases de floración e hinchazón de los granos en los años de 1984 y 1985, constituyeron también, como uno de los factores que afectaron el bajo rendimiento de los cultivares, conforme se puede observar en las Figuras 2 y 3. Para subsanar este problema, y reducir los efectos del déficit hídrico en la producción de maíz sería recomendado el uso de cultivares más adaptados a las condiciones de cerrado, o escapar de este período de poca disponibilidad de agua a través del uso de genotipos más precoces o de plantíos más tempranos.

Para las condiciones de suelo fértil las poblaciones que presentaron mayores rendimientos fueron las CMS 14 y CMS 04, en tanto que CMS 13 y CMS 36 presentaron los menores rendimientos, aunque no difiriendo significativamente entre sí. En promedio los híbridos comerciales fueron 17,05% más productivos que las dos poblaciones CMS 30 y CMS 36. Estas poblaciones fueron superiores en 2,47% y 6,45% para (AP) y (AE), respectivamente, que los híbridos comerciales. Las mismas fueron un poco más precoces (1,49%) que los híbridos comerciales. Los híbridos interpoblacionales no difirieron significativamente entre si; no en tanto, los cruzamientos CMS 14 x CMS 36, CMS 30 x CMS 13, CMS 14 x CMS 30, CMS 36 x CMS 04, CMS 30 x CMS 04, CMS 14 x CMS 04 y CMS 14 x CMS 13 presentaron las mayores producciones de mazorcas deshojadas. De estas, el híbrido interpoblacional CMS 36 x CMS 14 presentó la mayor productividad media con 8.154 Kg/ha. El híbrido CMS 30 x CMS 36 fue 14,67% menos productivo que la media de los híbridos comerciales.

Las poblaciones seleccionadas para las condiciones de suelos ácidos (CMS 30 y CMS 36), en comparación con aquellas que fueron seleccionadas en condiciones de suelo cerrado sin problema de aluminio tóxico, presentaron en promedio una productividad superior de 34,61%, cultivadas en suelo de cerrado (ácido). En condiciones de suelo fértil, estas dos poblaciones presentaron una productividad de 8,42% inferior a aquellas poblaciones no seleccionadas en suelo ácido (CMS 04, CMS 13, y CMS 14).

En cuanto a la relación tolerancia-productividad, basada en la hipótesis de que la presencia de resistencia o tolerancia genética está asociada a baja productividad, o sea, que sería imposible obtener cultivares

altamente productivos con resistencia o tolerancia a la toxicidad de aluminio, los resultados obtenidos en este trabajo no evidencian tal hecho y concuerdan con los resultados obtenidos por SILVA (1975), en trabajos con variedades de trigo. La población CMS 36 presentó la más alta producción en suelo ácido y la más baja en suelo fértil esto porque la selección fue positiva para promover un cúmulo de genes favorables para las condiciones de tolerancia o resistencia al aluminio tóxico.

El híbrido triple experimental (CMS 201) presentó un comportamiento semejante a la población CMS 36. Esto es explicado por el hecho que este híbrido fue formado por tres líneas seleccionadas en condiciones de suelo ácido y que también hicieron parte en la composición de la población sintética CMS 36.

Se puede observar también que las poblaciones que no sufrieron selección en suelo ácido, especialmente la población CMS 14, presentaron mejores producciones cuando se probaron en suelo fértil. Esta población (CMS 14) cuando se cruzó con la población CMS 36 presentó buena heterosis en condiciones de suelo fértil.

En la Figura 4, se observa que las producciones de los cultivares cuando se probaron en suelo de cerrado fueron inferiores a aquellas de suelo fértil. Mayores diferencias fueron presentadas entre los cultivares CMS 36 y CMS 13 en suelo de cerrado y, CMS 36 y DINA 3030 en suelo fértil. Los cultivares en suelo fértil fueron, en promedio, 58,23% más productivos que en suelo de cerrado.

En la Figura 5, los cultivares probados en suelo de cerrado presentaron menores alturas de plantas que en suelo fértil. Los cultivares CMS 36 y AG 301 en suelo de cerrado y los cultivares CMS 14 y CMS 30 en suelo fértil, fueron los que presentaron las mayores diferencias para esta característica. Las plantas de los cultivares en suelo fértil fueron en promedio 34,09% más altas que las plantadas en suelo de cerrado.

Los cultivares de maíz cuando fueron probados en suelo fértil presentaron mayores alturas de mazorca que en suelo de cerrado (Figura 5). Para esta característica, mayores diferenciaciones fueron observadas para los cultivares CMS 36 y CMS 04 en suelo de cerrado y CMS 30 y C 511 en suelo fértil. Las alturas de las mazorcas en suelo fértil fueron en promedio 42,30% superiores a aquellas en suelo de cerrado.

Para la característica días a la floración masculina, los cultivares probados en suelo fértil fueron más precoces que aquellas probadas en suelo de cerrado (Figura 7). Las mayores diferencias fueron observadas para los cultivares DINA 3030, CARGILL 111, CMS 36 y CMS 14 x 36, CMS 14 x 30 y CARGILL 511 en suelo de cerrado y entre los cultivares DINA 3030, CARGILL 111 y CMS 14 en suelo fértil. Los cultivares plantados en suelo de cerrado fueron 7,04% más tardíos que cuando plantadas en suelo fértil.

Los resultados de los análisis conjuntos de variancia para los cuatro caracteres estudiados, peso de mazorca (PE), altura de planta (AP), altura de mazorca (AE) y días a la floración masculina (DFM), se presentan en el Cuadro 5, así como, las estimaciones de heterosis media y los coeficientes de variación. Diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) fueron observadas para localidades para los cuatro caracteres, mostrando la diferencia de comportamiento, de esos caracteres, en suelo ácido y suelo fértil. Entre los cultivares estudiados hubo diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) para los caracteres PE, AP, y AE, evidenciando la existencia de cultivares con mayor desempeño. Las poblaciones fueron diferentes y altamente significativas ( $P < 0,01$ ) para AP, y AE y significativamente ( $P < 0,05$ ) diferentes para PE, y DFM, sugiriendo para esos caracteres, la existencia de diversidad entre las poblaciones, o sea, existe por lo menos un contraste entre las medias de las poblaciones significativo. La heterosis media fue significativa ( $P < 0,05$ ) para PE, y DFM, indicando la contribución media de cada población en todos sus cruzamientos. Esta heterosis media es la fuente más importante de variación y la única significativa, sugiriendo diversidad genética semejante entre los pares de población. La interacción localidad x población fue altamente significativa ( $P < 0,01$ ) para PE y significativo ( $P < 0,05$ ) para DFM, mostrando que las poblaciones no tuvieron el mismo comportamiento en los dos tipos de suelos (ácido y fértil); estas diferencias fueron responsables por la significancia ( $P < 0,05$ ) de la interacción localidad x cultivares para PE. Con relación a las estimaciones de los efectos de localidades x heterosis de población, se observa en el Cuadro 6, que la población CMS 36 presentó un

buen desempeño para PE en suelo fértil, en tanto que la población CMS 04 se desempeño mejor en suelo ácido. Los mayores valores de esas estimaciones en suelo ácido, fueron obtenidas por las poblaciones CMS 13 (AP), CMS 04 (AE), y CMS 13 (DFM), y para suelo fértil fueron para las CMS 04 (AP), CMS 36 (AE), y CMS 14 (DFM).

Las mejores combinaciones observadas (Cuadro 6) de los efectos de localidad x heterosis específica en suelo fértil, fueron entre las poblaciones CMS 30 x CMS 13 y CMS 14 x CMS 36 para PE, CMS 30 x CMS 04 y CMS 14 x CMS 13 para AP, CMS 14 x CMS 13 y CMS 30 x CMS 04 para AE y CMS 30 x CMS 13 y CMS 14 x CMS 04 para DFM. Ya en suelo ácido, los mayores valores obtenidos fueron observados para los híbridos CMS 36 x CMS 30, CMS 04 x CMS 13 y CMS 14 x CMS 30 para PE, CMS 04 x CMS 13, CMS 30 x CMS 13 y CMS 14 x CMS 36 para AP, CMS 30 x CMS 13 y CMS 14 x CMS 04 para AE y CMS 14 x CMS 13 y CMS 30 x CMS 04 para DFM.

El el Cuadro 7 se presentan las estimaciones de los efectos de la heterosis específica y heterosis de población. Para heterosis de población se observa que las poblaciones CMS 13 y CMS 30 presentaron efectos positivos, en tanto que CMS 04 y CMS 14 tuvieron los menores desempeños, para PE. Para los caracteres AP, AE y DFM los mayores valores fueron obtenidos para las poblaciones CMS 04 (AP y AE) y CMS 14 (DFM), en tanto que las menores estimaciones y negativas fueron las de la CMS 30. En cuanto a la heterosis específica, las mejores combinaciones observadas fueron entre las poblaciones CMS 30 x CMS 13 y CMS 14 x CMS 36 para PE, CMS 04 x CMS 13 y CMS 14 x CMS 36 para AP, CMS 36 x CMS 30 y CMS 04 x CMS 13 para AE y CMS 36 x CMS 30 y CMS 14 x CMS 04, para DFM.

## CONCLUSIONES

En las condiciones en que fue realizada la presente investigación, se puede inferir que:

1. Hubo influencia del tipo de suelo en el comportamiento de los cultivares probados. En suelo ácido, en los dos años, tanto la productividad como altura de planta y de mazorca fueron más bajas que en suelo fértil, ocurriendo lo inverso para el carácter número de días para la floración masculina.
2. La población CMS 36 mostró ser la más tolerante para las condiciones de suelo ácido.
3. Los cruzamientos CMS 36 x CMS 30, CMS 36 y CMS 13 y CMS 36 x CMS 14 pueden ser utilizados directamente como híbridos intervarietales en suelos ácidos.
4. Las poblaciones seleccionadas para las condiciones de suelo ácido presentan especificidad de comportamiento para este tipo de suelo.

## LITERATURA CITADA

AGRONOMIC-ECONOMIC RESEARCH ON TROPICAL SOILS. Raleigh, N. C., North Carolina State University, 1974, Annual Report.

BAHIA FILHO, A., et al. 1976, *Sistemas de Produção de Milho Potencialmente Viáveis para Solos de Cerrado*, In: SIMPOSIO SOBRE CERRADO, 4, Brasilia, 1976, Simposio sobre o Cerrado: bases para utilização agropecuária. Belo Horizonte, Ed. Itatiaia, 1977, p. 399-405.

- CLARKSON, D. T. and SANDERSOB, J., *The uptake of a polyvalent cation and its distribution in the root apices of Allium cepa and snotorradiographic studies*, Planta, 88 : 136-57, 1969.
- DENMEAD, O. and SHAW, R., *The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn*. Agron J., Madison, 52 : 272-4, 1960.
- ENRICH, E., *Competicao entre cinco gramíneas forrageiras para a formação de pastagens em solo de cerrados*, In: REUNIAO BRASILEIRA DE CERRADOS, 2, Sete Lagoas, MG. Anais. Sete Lagoas, IPEACO, 1972, p. 29-38.
- FOY, C., *Effect of aluminium on plant growth*, In : E. W. Carson the plant Root its Environment, Charlottesville, Univ. of Virginia, 1974, p. 601-42.
- MACPERSON, H. G. and BOVER, I., *Regulation of grain yield by photosynthesis in maize subjected to a water deficiency*. Agron. J. Madison, 69 : 714-8, 1977.
- MELO, J., *Toxidez e tolerancia de plantas ao aluminio*, Piracicaba, ESALQ, 1983, 89 p, Tese de Mestrado.
- MORAIS, A., et al., *Método de análise de cruzamentos dialélicos repetidos em varios ambientes, (no prelo)*.
- OLMOS, I. and CAMARGO, M., *Incidence of aluminum toxicity in Brazilian Soil: its characterization and distribution*, Ciência e Cultura, 28 : 171-80, 1976.
- ROBINS, J. and DOMINGO, L., *Some effects on severe soil moisture deficits at specific stages in corn*. Agron. J. Madison, 45:618-21, 1983.
- SANCHEZ, P., et al. *Centro de Pesquisa agropecuaria dos Cerrados, Subprojeto preliminar sugestao*, Documento submetido a EMBRAPA, Brasilia, 1974, 64.
- SILVA, A., *Melhoramiento genético para resistencia a toxidez de aluminio e manganés no Brasil, Antecedentes, necessidades e possibilidades*, Ciencia e Cultura, 28 (2) : 147-9, 1975.
- WINKLER, E., *Tolerancia a acidez do solo em linhagens de milho*, Porto Alegre, Inst. de Pesq. Agrop. do Sul, 1973, 4 p.

**CUADRO 1 Distribución aproximada de las áreas de cerrados del Brasil.**

Estado del Territorio	Area de Cerrado (millones de ha)	Distribución Porcentual de Cerrado	
		Estado	País
Goías	55,5	88	30
Mato Grosso	47,9	39,6	26
Minas Gerais	30,8	53	17
Piauí	11,5	46	6
Bahía	10,5	19	6
Maranhao	9,8	30	5
Roraima	4,4	19	2
Sao Paulo	4,1	17	2
Pará	3,9	3	2
Amazonas	2,0	1	1
Amapá	1,9	14	1
Distrito Federal	0,6	100	1
Otros	—	—	1
<b>Total</b>	<b>182,9</b>	<b>—</b>	<b>100</b>

FUENTE : SANCHEZ, LOPES e BUOL (1974). Anais do IV Simposio sobre Cerrado—1976.

**CUADRO 2 Características y orígenes de las poblaciones.**

Población	Característica (1)	Origen
CMS 14 C	T, GA, F, SP	CIMMYT
CMS 04 C	T, GA, D, SP	CIMMYT
CMS 30	T, GA, SD, TA	ESALQ
CMS 13	T, GA, SD, SP	CNPMS
CMS 36	T, GA, SD, TA	CNPMS

(1) T = Tropical; GA = Grano Amarillo F = Flinte; D = Dentado; SD = Semi-Dentado; TA = Tardío; SP = Semi-Precóz.

**CUADRO 3 Resultados medios de análisis de algunas características químicas de muestras de dos tipos de suelos utilizados en este estudio (1). 1983-84 y 1984-85.**

Muestra	Análisis realizados en el laboratorio de suelos del CNPMs.		Tipos	
	Suelo Cerrado	Suelo Fértil	Suelo Cerrado	Suelo Fértil
pH en H <sub>2</sub> O (1 : 2,5)	4,8	5,7		
Al <sup>+++</sup> (meq/100 g suelo)	1,00	0,00		
Ca <sup>++</sup> (meq/100 g suelo)	1,97	7,10		
Mg <sup>++</sup> (meq/100 g suelo)	0,60	0,94		
K (ppm)	100	135		
P (ppm)	9	24		
Materia Orgánica	4,60	6,36		

CU ADRO 4 Medias de producción de mazorcas deshojadas ( $\text{kg/ha}$ ), altura de planta ( $\text{cm}$ ), altura de mazorca ( $\text{cm}$ ), días de la floración masculina, de 20 cultivares probados en dos ambientes en Sete Lagoas, MG. años agrícolas 1983-84 y 1984-85 a.

CULTIVARES	SUELO CERRADO				SUELO FERTIL			
	Producción ( $\text{kg/ha}$ )	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Floración (días)	Producción ( $\text{kg/ha}$ )	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Floración (días)
01. CMS 14	2579 fgh	168 bc	87 bcd	72 abc	7871 abcd	365 bcd	142 bc	62 f
02. CMS 36	4521 a	190 a	112 a	69 bc	6547 d	263 abc	162 abc	67 abc
03. CMS 30	3122 cdef	185 ab	102 ab	72 abc	7051 bcd	274 ab	168 a	66 abcde
04. CMS 04	2186 gh	160 c	75 d	71 abc	7656 abcd	242 d	145 abc	65 bcde
05. CMS 13	1796 h	168 abc	84 cd	72 ab	6745 cd	264 abc	156 abc	67 abc
06. 14 x 36*	3569 bcd	180 abc	92 bc	69 c	8154 abc	264 abc	152 abc	65 bcde
07. 14 x 30*	3506 bcd	175 abc	89 bcd	69 bc	8023 abc	264 abc	153 abc	64 e
08. 14 x 04*	2460 fgh	165 bc	88 bcd	70 bc	7628 abcd	258 abcd	143 abc	66 bcde
09. 11 x 13*	2485 fgh	169 abc	83 cd	71 abc	7581 abcd	263 abc	159 abc	64 e
10. 36 x 30*	3677 bc	182 abc	98 bc	70 bc	6994 bcd	270 ab	168 a	66 abcde
11. 36 x 04*	3472 bcde	171 abc	88 bcd	70 bc	7793 abcd	264 abc	157 abc	65 cde
12. 36 x 13*	3614 bcd	179 abc	90 bcd	71 abc	7347 bcd	268 abc	161 abc	65 bcde
13. 30 x 04*	3142 cdef	168 abc	86 bcd	70 abc	7677 abcd	272 ab	158 abc	64 e
14. 30 x 13*	3301 bcdef	179 abc	92 bcd	70 bc	8118 abc	268 abc	152 abc	65 cde
15. 04 x 13*	2806 defg	181 abc	84 cd	71 abc	7369 bcd	268 abc	169 abc	65 de
16. Cargill 511 <sup>+</sup>	2648 efg	171 abc	85 cd	69 bc	7515 bcd	248 cd	137 c	65 cde
17. Agroceres 301 <sup>+</sup>	3449 bcde	163 bc	87 bcd	70 bc	7944 abcd	266 abc	157 abc	67 abcd
18. Dina 3030 <sup>+</sup>	3237 bcdef	178 abc	98 abc	74 a	8991 a	276 a	167 a	68 ab
19. CMS 201 X	4020 ab	183 abc	99 abc	72 abc	6875 bcd	263 abc	163 ab	66 abcde
20. Cargill 111 <sup>+</sup>	3980 abc	167 bc	88 bcd	73 ab	8335 ab	260 abcd	158 abc	68
Medias	3178	174	90	71	7610	264	156	66

<sup>a</sup> Medias seguidas de misma letra no difieren significativamente al nivel de 5% de probabilidad (Prueba de Duncan)

\* Híbridos intervarietales.

<sup>+</sup> Testigos

**CUADRO 5** Resultados de análisis conjunto de variancia para producción de mazorcas (PE), altura de planta (AP), altura de mazorca (AE), días a la floración masculina (DFM), heterosis media y coeficiente de variación (CV) de cinco poblaciones y sus diez respectivos híbridos interpopulacionales. Sete Lagoas, Años agrícolas 1983-84 y 1984-85.

Fuentes de Variación	GL	CUADRADOS MEDIOS			
		PE	AP	AE	DFM
Localidad	1	146.645,216,33**	59.405,80**	32.121,10**	228,06**
Cultivares	14	334.752,25*	111,83*	108,56*	1,47
Población	4	524.113,51*	292,51**	329,44**	2,71*
Heterosis	10	259.007,75	39,55	20,20	0,97
Heterosis Media	1	1.228.864,54*	91,66	2,27	5,02*
Heterosis Específica	9	199.584,21	22,79	16,18	0,20
Localidad x Cultivares	14	393.145,49*	25,44	33,24	1,65
Localidad x Población	10	1.207.782,71**	34,25	53,29	2,86*
Localidad x Heterosis	10	67.290,60	21,92	25,21	1,16
Localidad x Heterosis Media	1	26.831,46	56,99	44,86	0,51
Localidad x Heterosis Población	4	88.124,25	21,88	12,58	1,99
Localidad x Heterosis Específica	9	58.715,52	14,94	31,39	0,63
Resíduo Médio	112	182.919,53	56,56	48,16	1,04
Heterosis Media		429,33	3,71	-0,58	-0,87
CV (°/o)		13,97	5,94	9,79	2,60

(\*) (\*\*) Significancia a los niveles de 5°/o y 1°/o de probabilidad, respectivamente.

**CUADRO 6 Estimaciones de los efectos de las interacciones de localidad x heterosis específica y de localidad x heterosis de población, para cruzamientos dialélicos entre cinco poblaciones de maíz, probados en suelos fértil y ácido (Cerrado). Sete Lagoas, 1984 y 1985.**

Población	LOCALIDAD X HETEROSIS ESPECIFICA								Localidad Heterosis	
	CMS 36		CMS 30		CMS 04		CMS 13		de Población	
	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C
CMS 14	a. 126.509	-126.510	-112.467	112.467	20.350	20.350	6.309	- 6.307	11.926	- 11.926
	b. - 1.180	1.179	- 1.041	1.042	0.765	0.765	2.986	- 2.986	0.986	0.986
	c. - 1.665	1.165	1.248	- 1.248	4.029	4.030	4.446	- 4.446	0.528	0.528
	d. 0.304	- 0.304	- 0.194	0.195	0.529	- 0.529	- 0.639	0.639	1.242	- 1.242
CMS 36			-144.100	144.099	124.098	-124.098	-106.508	106.508	257.414	-257.415
			- 0.905	0.905	0.626	- 0.626	1.458	- 1.458	1.794	- 1.794
			1.527	- 1.527	0.418	- 0.418	- 0.279	0.290	3.361	- 3.361
			0.029	- 0.029	- 0.167	- 0.167	- 0.166	0.166	- 0.397	0.397
CMS 30					26.308	- 26.311	230.257	-230.258	- 11.171	11.173
					3.265	- 3.265	- 1.318	1.318	- 0.221	0.221
					2.501	- 2.501	5.276	- 5.276	- 1.224	1.224
					- 0.500	0.500	0.666	- 0.666	- 0.187	0.187
CMS 04							-130.057	130.059	-162.553	162.553
							- 3.127	3.128	3.042	- 3.042
							1.109	- 1.110	- 1.361	1.361
							0.139	- 0.139	- 0.369	0.369
CMS 13									- 95.617	95.615
									- 3.629	3.629
									- 0.248	0.248
									- 0.663	0.663

a = peso de mazorca

b = altura de planta

c = altura de mazorca

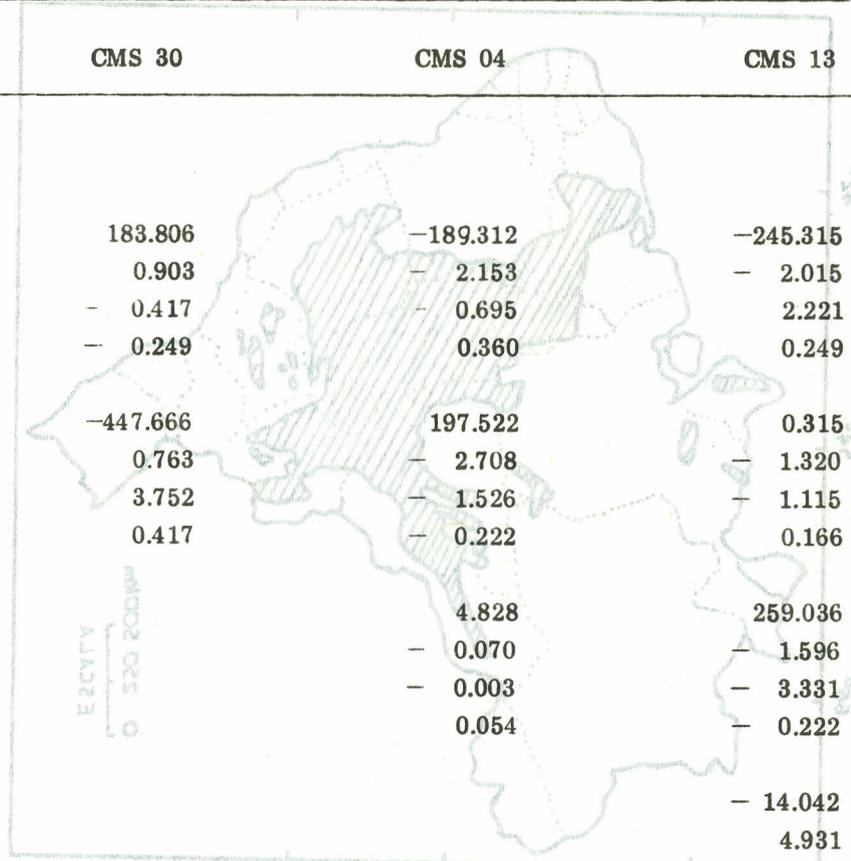
d = días a la floración masculina

F = suelo fértil

C = suelo ácido

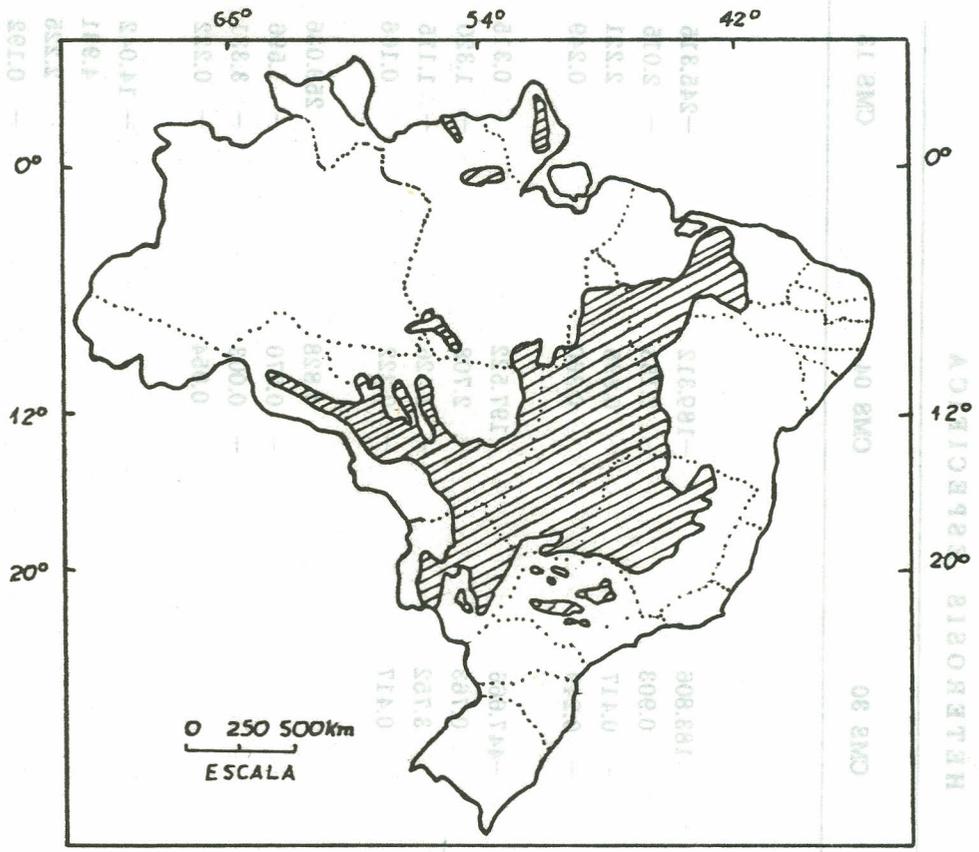
CUADRO 7 Entimaciones de los efectos de las heterosis específica y de población, para cruzamiento dialélico entre cinco poblaciones de maíz, probados en suelos fértil y ácido (Cerrado) Sete Lagoas, 1984 y 1985.

Población	HETEROSIS ESPECIFICA				Heterosis de Población
	CMS 36	CMS 30	CMS 04	CMS 13	
CMS 14	249.824 <i>a</i> 3.256 <i>b</i> - 1.110 <i>c</i> - 0.361 <i>d</i>	183.806 0.903 - 0.417 - 0.249	-189.312 - 2.153 - 0.695 0.360	-245.315 - 2.015 2.221 0.249	-123.008 - 1.263 1.053 0.612
CMS 36		-447.666 0.763 3.752 0.417	197.522 - 2.708 - 1.526 - 0.222	0.315 - 1.320 - 1.115 0.166	- 72.409 - 2.376 - 2.692 0.110
CMS 30			4.828 - 0.070 - 0.003 0.054	259.036 - 1.596 - 3.331 - 0.222	118.674 3.971 - 3.388 - 0.660
CMS 04				- 14.042 4.931 2.225 - 0.192	-146.841 5.125 3.554 0.227
CMS 13					223.586 2.486 1.473 - 0.289



"Cerrado", região de solos férteis e ácidos, com alta produtividade de milho.  
 Estado de Minas Gerais, Brasil.  
 Localização das populações de milho.  
 Escala: 1:200.000 (1980)

a = peso de mazorca      b = altura de planta      c = altura de mazorca      d = días a la floración masculina



Fuente: EMBRAPA (1978)

FIGURA 1. Estado actual del conocimiento sobre la distribución de los "cerrados", incluidas las áreas de transición con otras formaciones.

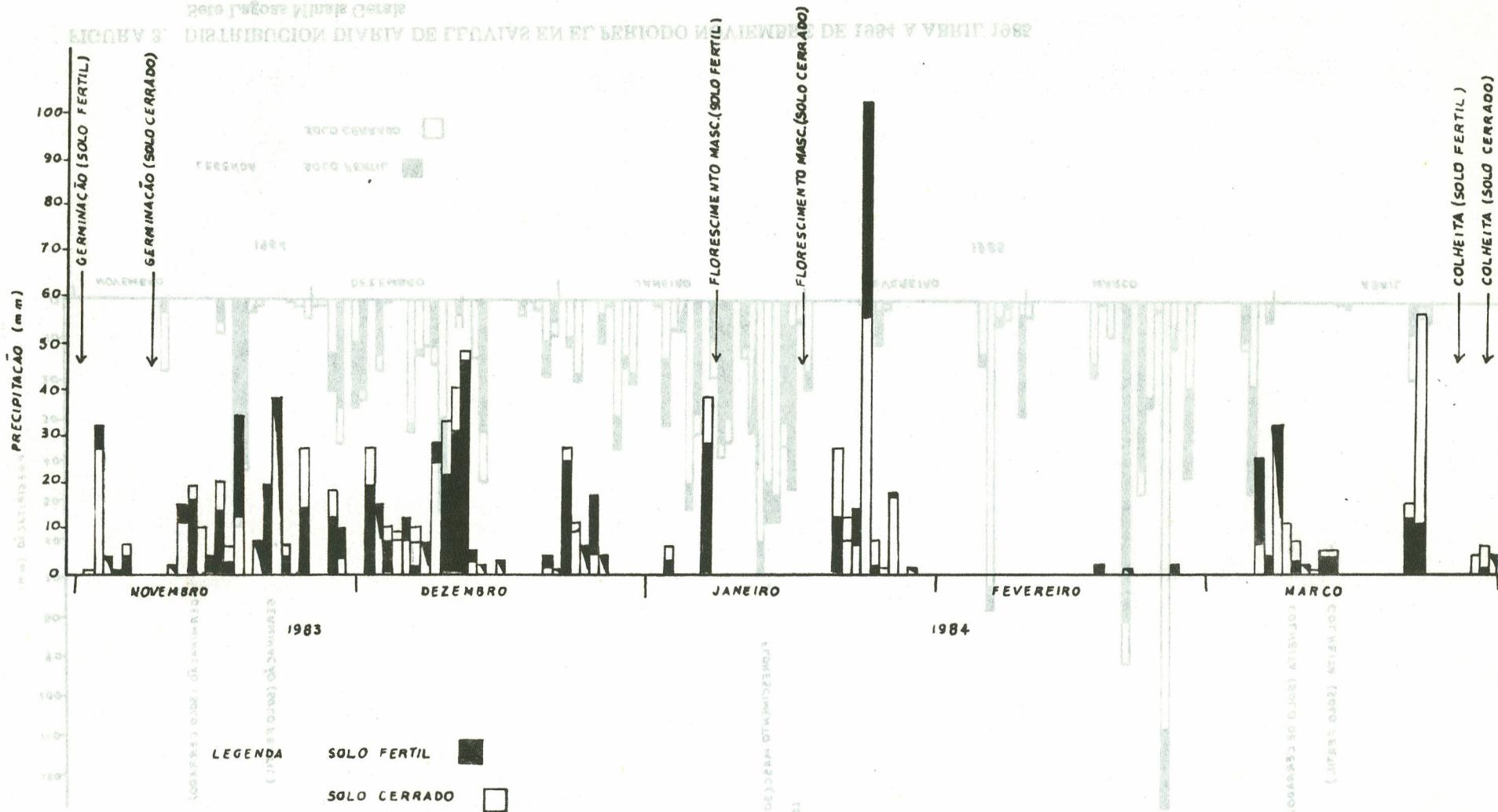


FIGURA 2. DISTRIBUICAO DIARIA DE LLUVIAS EN EL PERIODO NOVIEMBRE 1983 A MARZO 1984. Sete Lagoas Minalis Gerais

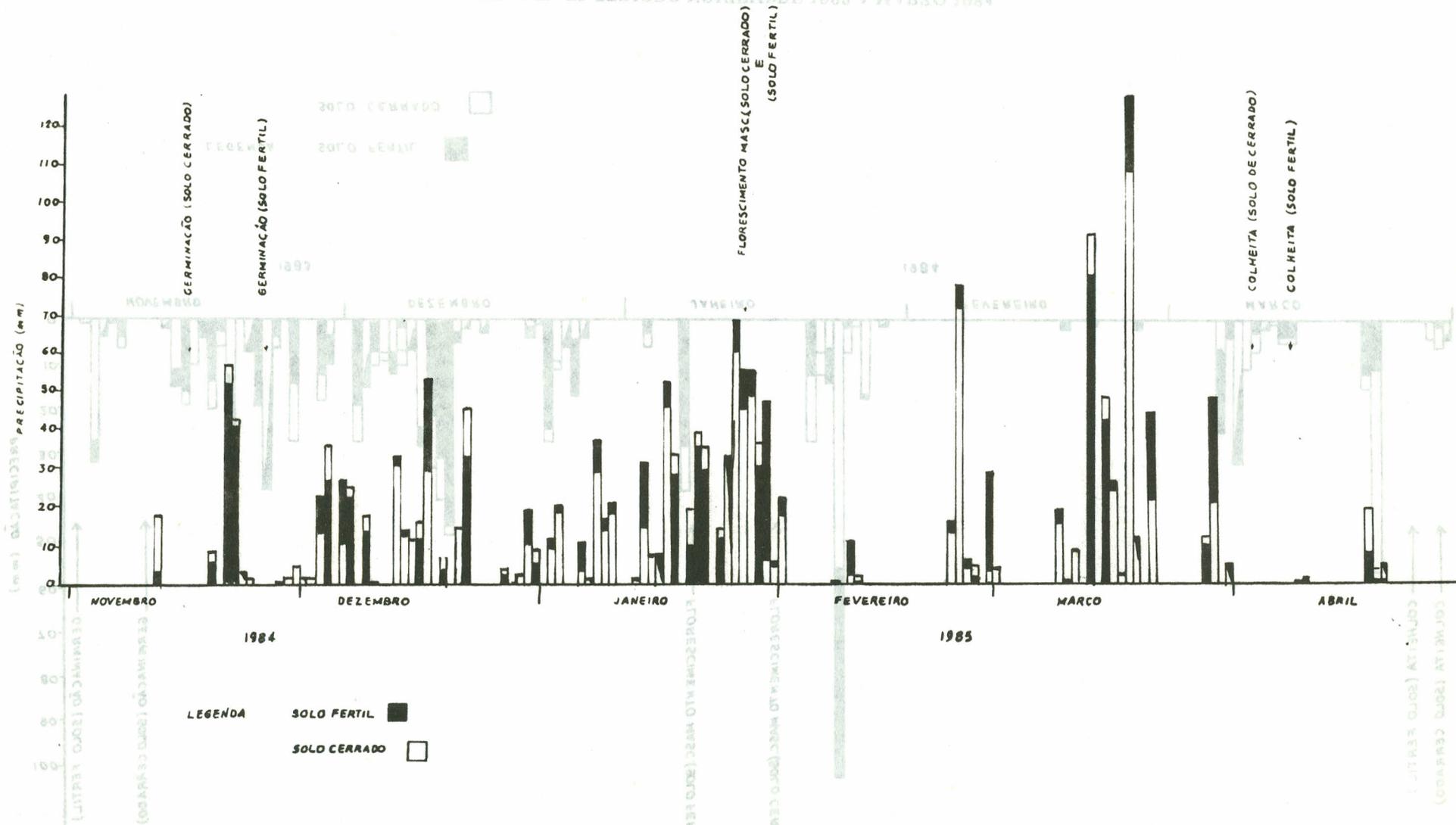


FIGURA 3. DISTRIBUCION DIARIA DE LLUVIAS EN EL PERIODO NOVIEMBRE DE 1984 A ABRIL 1985  
Sete Lagoas Minas Gerais

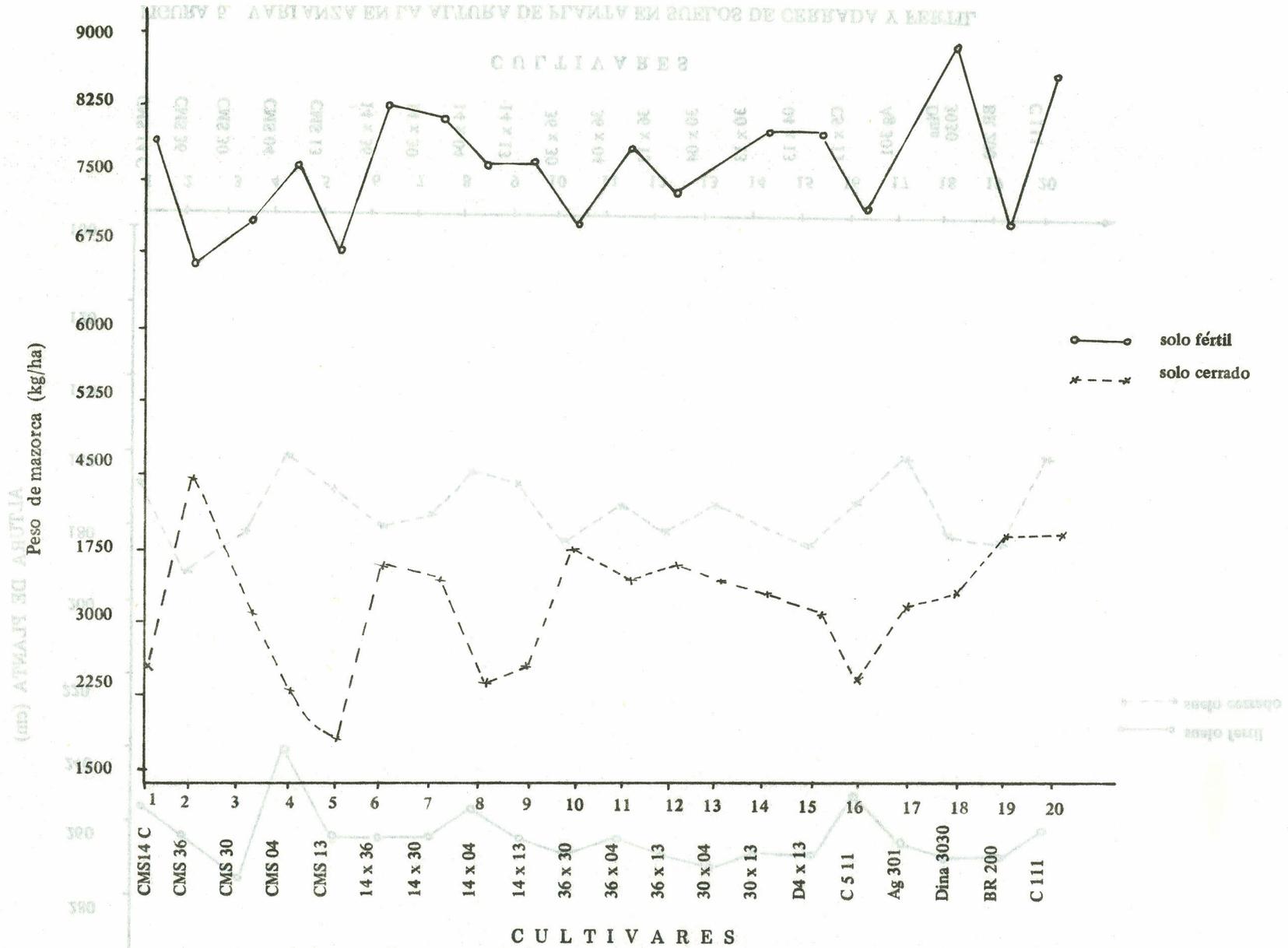


FIGURA 4. VARIACION EN LA PRODUCCION DE MAZORCAS EN SUELOS DE CERRADO Y FERTIL

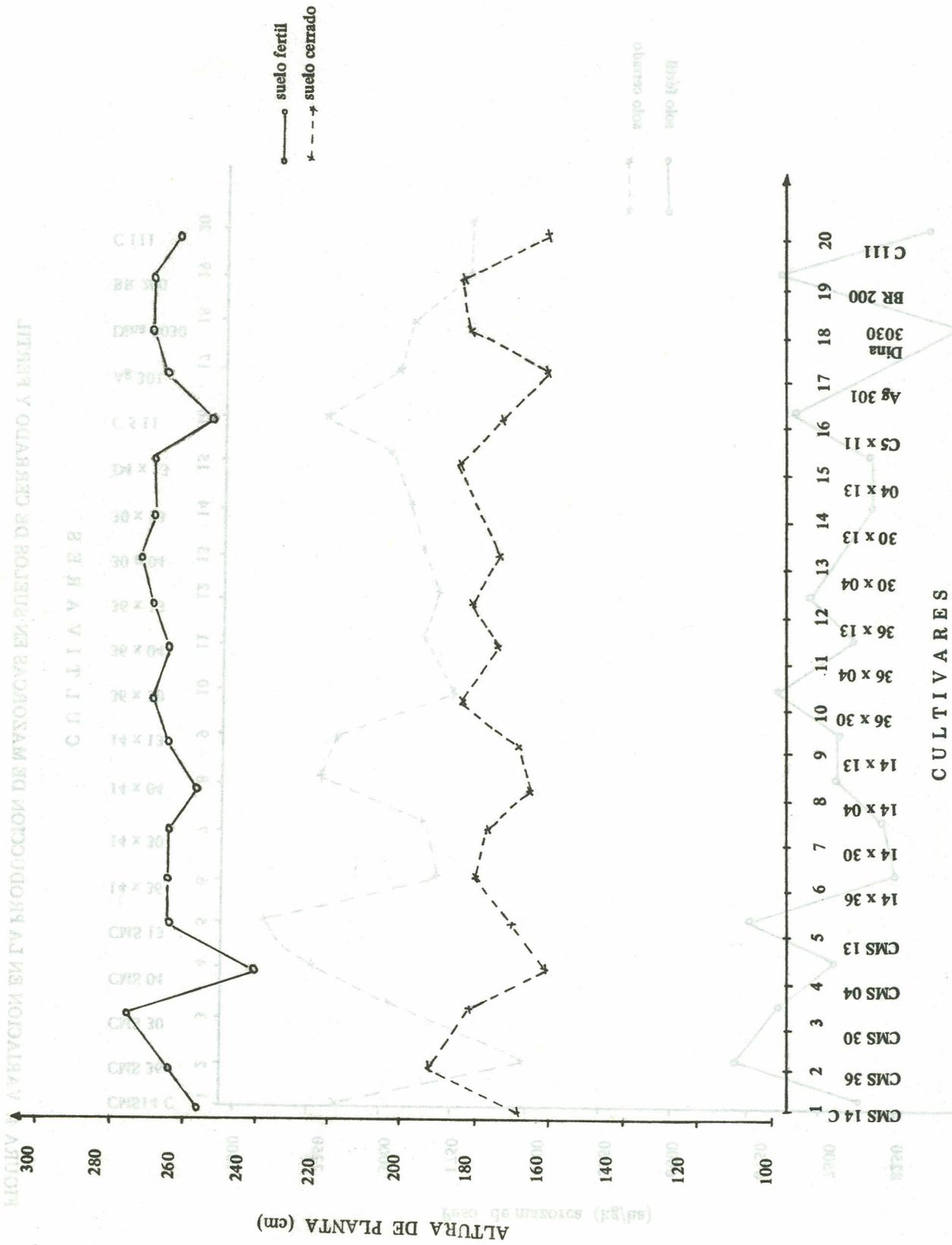


FIGURA 5. VARIANZA EN LA ALTA DE PLANTA EN SUELOS DE CERRADA Y FERTIL