

# EFFECTO DE DIVERSAS INTENSIDADES DE CONTAMINACION EN LA PRODUCCION DE GRANO DE CRUZAS INTERVARIETALES DE MAIZ

Mario Gutiérrez G. <sup>1</sup>

## Introducción

El comportamiento de las cruzas entre variedades de maíz ha ocupado la atención de los investigadores interesados en este cereal, tanto desde el punto de vista práctico de mejoramiento como del teórico del mecanismo responsable de la heterosis.

Desde el punto de vista práctico, es posible obtener aumentos apreciables en producción de grano mediante el simple cruzamiento de variedades de maíz, así como también un número apreciable de cruzas satisfactorias entre un grupo de variedades de origen diverso. Resultados (sin publicar) obtenidos por el autor en el Centro Tropical de Investigación y Enseñanza para Graduados del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A. al comparar todas las cruzas posibles entre 18 variedades de maíz amarillo de diverso origen, durante un período de tres años en dos localidades de Costa Rica, indicaban rendimientos promedios 37.5% superiores para las cruzas intervarietales comparadas con sus progenitores, así como también la circunstancia de que las mejores cruzas intervarietales igualaban en rendimiento a los híbridos usados como testigos en los ensayos.

Uno de los peligros inherentes a la utilización comercial de cruzas entre variedades de maíz con caracteres morfológicos semejantes es la dificultad de denotar contaminaciones ocurridas en la producción de semilla. Toda vez que el material utilizado es heterocigoto y como tal, variable, las contaminaciones no se traducen en aumentos apreciables de vigor como sucede en el caso de las líneas endocriadas utilizadas en la obtención de cruzas simples para producir cruzas dobles a falta de uniformidad en aquéllas.

El presente estudio fue efectuado para determinar la disminución en el rendimiento de grano de cruzas intervarietales de maíz contaminadas intencionalmente con proporciones conocidas de una variedad de maíz de hábitos semejantes de crecimiento y adaptación pero inferior en rendimiento.

## Materiales y Métodos

Las seis cruzas intervarietales de maíz amarillo I-452 x Cuba 28, I-452 x Rocol H-201 #, I-452 x Amarillo de Nehualate, P.D.(M.S.) 6 x Corneli 31 #, P.D.(M.S.) 6 x Mayorbela y Corneli 31 # y Escalante que habían demostrado alta capacidad de rendimiento en ensayos efectuados en dos localidades de Costa Rica durante un período de tres años, fueron usadas en este estudio. De las ocho variedades involucradas en estas cruzas, una era progenitor común en tres combinaciones, dos intervenían en dos cruzas cada una y las cinco restantes participaban en una sola craza. Semilla de alto poder germinativo de cada una de las cruzas mezclada con 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50% de semilla de la variedad Cuba 28 fue utilizada para el estudio. Las mezclas se prepararon introduciendo el número adecuado de granos del contaminante en cada uno de los sobres de semilla usados para sembrar cada una de las parcelas que componían el experimento. Las once intensidades de contaminación en cada una de las cruzas intervarietales y el contaminante Cuba 28 fueron comparadas con respecto a porcentaje de población a la cosecha y rendimiento de maíz en mazorca en un ensayo de parcelas subdivididas efectuado en la finca del Centro Tropical de Investigación y Enseñanza para Graduados del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A., Turrialba, Costa Rica, C. A., en la primera cosecha normal de 1960. Las intensidades de contaminación y el contaminante fueron asignados al azar a las subunidades y las cruzas a las unidades.

Para evitar la posible remoción de plantas del contaminante, la siembra se hizo directamente a la densidad de población deseada (36,000 plantas por hectárea) y no se efectuó ninguna operación de raleo. Bajo esta restricción, el éxito del ensayo dependía del establecimiento de poblaciones comparables en cada uno de los tratamientos en las subunidades y a su vez, en las unidades. Se usaron parcelas de dos hileras con 10 hoyos espaciados .90 m en cuadro y 3 plantas por hoyo.

Antes de la cosecha se registró el número de fallas y de matas por parcela, la altura de la mazorca, el porcentaje de plantas volcadas y tallos que-

<sup>1</sup> Genetista, Zona Norte, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA.

brados bajo la mazorca. El rendimiento se midió en el campo en libras de maíz en mazorca por parcela y en el laboratorio se determinó el porcentaje de humedad del grano y el coeficiente de desgrane usando una muestra compuesta de las cuatro repeticiones de cada uno de los tratamientos comparados.

### Resultados Experimentales

Unicamente los datos de producción de maíz en mazorca y número de plantas por parcela relacionados con el estudio, serán presentados y discutidos.

La comparación del rendimiento y por ciento de población de los cruces intervarietales puros (0% con-

taminación) y el contaminante (100% contaminación) es de particular interés, toda vez que para ejercer un efecto el contaminante debe diferir de las cruces intervarietales en rendimiento, independientemente del tamaño de las poblaciones. La información pertinente para esta comparación en el ensayo discutido aparece en el Cuadro 1 en el cual puede apreciarse que el rendimiento de cada una de las cruces intervarietales fue superior al del contaminante.

El rendimiento de maíz en mazorca, en Kg por hectárea, y el por ciento de población para cada intensidad de contaminación en cada una de las cruces intervarietales aparecen en los Cuadros 2 y 3, respectivamente. Los datos en la hilera correspondien-

**Cuadro 1. Rendimiento de campo, en Kg. por hectárea, y % de población de 6 cruces intervarietales de maíz y el correspondiente contaminante en ensayo efectuado en el Centro Tropical de Investigación y Enseñanza para Graduados del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica, C. A. 1960.**

| Cruzas                        | Kgs/ha  |              | % Población |              |
|-------------------------------|---------|--------------|-------------|--------------|
|                               | Puro    | Contaminante | Puro        | Contaminante |
| I-452 x Cuba 28               | 2,821.4 | 1,817.7      | 94.2        | 92.5         |
| I-452 x Rocol H-201 #         | 2,339.9 | 2,109.3      | 86.3        | 96.3         |
| I-452 x Amarillo de Nehualate | 2,116.1 | 1,736.3      | 90.8        | 89.6         |
| P.D.(M.S.) 6 x Corneli 31 #   | 2,027.9 | 1,892.3      | 90.4        | 91.7         |
| P.D.(M.S.) 6 x Mayorbela      | 1,933.0 | 1,715.9      | 85.4        | 87.5         |
| Corneli 31 # x Escalante      | 1,865.1 | 1,858.3      | 94.2        | 88.8         |
| Promedio                      | 2,183.9 | 1,855.0      | 90.2        | 91.1         |

**Cuadro 2. Rendimiento de campo, en Kilogramos por hectárea, correspondiente a 12 intensidades de contaminación en 6 cruces intervarietales de maíz ensayadas en el Centro Tropical de Investigación y Enseñanza para Graduados del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica, C. A. 1960.**

| % Conta-<br>minación | I-452<br>x<br>Cuba 28 | I-452<br>x<br>R. H-201 # | I-452<br>x<br>Nehualate | P.D.(M.S.)6<br>x<br>Corneli 31 # | P.D.(M.S.)6<br>x<br>Mayorbela | Corneli 31 #<br>x<br>Escalante | Promedio |
|----------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------|
|                      | 0                     | 2,821.4                  | 2,339.9                 | 2,116.1                          | 2,027.9                       | 1,933.0                        |          |
| 5                    | 2,577.3               | 2,346.7                  | 2,251.7                 | 2,170.3                          | 1,926.2                       | 1,668.4                        | 2,156.8  |
| 10                   | 2,373.8               | 2,122.9                  | 2,258.5                 | 1,858.4                          | 2,000.8                       | 1,661.7                        | 2,046.0  |
| 15                   | 2,373.8               | 2,095.7                  | 2,116.1                 | 2,048.3                          | 1,824.4                       | 1,743.1                        | 2,033.6  |
| 20                   | 2,333.1               | 2,462.0                  | 2,197.5                 | 2,116.1                          | 1,858.4                       | 1,797.3                        | 2,127.4  |
| 25                   | 2,590.8               | 2,183.9                  | 2,129.6                 | 1,858.4                          | 2,014.3                       | 1,810.9                        | 2,098.0  |
| 30                   | 2,434.8               | 2,014.3                  | 1,966.9                 | 2,041.5                          | 2,204.2                       | 1,512.5                        | 2,029.0  |
| 35                   | 2,448.4               | 2,170.3                  | 1,994.0                 | 2,048.3                          | 1,770.2                       | 1,600.6                        | 2,005.3  |
| 40                   | 2,455.2               | 2,272.1                  | 2,048.3                 | 2,034.7                          | 2,177.1                       | 1,682.0                        | 2,111.6  |
| 45                   | 2,326.3               | 2,238.2                  | 1,858.4                 | 2,021.1                          | 1,953.3                       | 1,783.7                        | 2,030.2  |
| 50                   | 2,217.8               | 2,021.1                  | 1,878.7                 | 2,319.5                          | 2,027.9                       | 1,824.4                        | 2,048.3  |
| 100                  | 1,817.7               | 2,109.3                  | 1,736.3                 | 1,892.3                          | 1,715.9                       | 1,858.3                        | 1,855.0  |

**Cuadro 3. % de población correspondiente a 12 intensidades de contaminación en 6 cruza intervarietales de maíz ensayadas en el Centro Tropical de Investigación y Enseñanza para Graduados del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica, C. A. 1960.**

| % Contaminación | I-452     |              | I-452          |                | P.D.(M.S.)6      |                | Corneli 31#    |                | Promedio |
|-----------------|-----------|--------------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------|
|                 | x<br>Cuba | 28 R. H-201# | x<br>Nehualate | x<br>Nehualate | x<br>Corneli 31# | x<br>Mayorbela | x<br>Escalante | x<br>Escalante |          |
| 0               | 94.2      | 86.3         | 90.8           | 90.8           | 90.4             | 85.4           | 94.2           | 90.2           |          |
| 5               | 92.9      | 90.4         | 93.8           | 93.8           | 88.8             | 85.4           | 94.6           | 91.0           |          |
| 10              | 92.9      | 90.0         | 91.7           | 91.7           | 85.4             | 83.8           | 93.3           | 89.5           |          |
| 15              | 93.3      | 95.4         | 94.2           | 94.2           | 83.8             | 87.9           | 90.8           | 90.9           |          |
| 20              | 95.4      | 92.5         | 95.0           | 95.0           | 87.1             | 90.4           | 91.3           | 91.9           |          |
| 25              | 93.8      | 92.9         | 93.8           | 93.8           | 87.5             | 87.1           | 92.5           | 91.2           |          |
| 30              | 92.9      | 90.4         | 92.1           | 92.1           | 88.8             | 91.7           | 91.3           | 91.2           |          |
| 35              | 94.6      | 94.6         | 94.2           | 94.2           | 90.8             | 89.2           | 92.1           | 92.6           |          |
| 40              | 92.9      | 95.0         | 94.2           | 94.2           | 89.6             | 94.2           | 92.9           | 93.1           |          |
| 45              | 92.9      | 89.2         | 94.6           | 94.6           | 90.0             | 91.7           | 90.0           | 91.4           |          |
| 50              | 95.8      | 90.4         | 88.8           | 88.8           | 91.7             | 90.4           | 91.7           | 91.5           |          |
| 100             | 92.5      | 96.3         | 89.6           | 89.6           | 91.7             | 87.5           | 88.8           | 91.1           |          |

te al 100% de contaminación representa el comportamiento del contaminante, Cuba 28.

En general, los rendimientos fueron inferiores a los observados para estas cruza en ensayos anteriores y las poblaciones aceptables, oscilando entre 96.3 y 83.8% de una población perfecta. En todas las cruza, los datos muestran una disminución bien definida del rendimiento al aumentar el porcentaje de contaminación. Esta tendencia es más pronunciada si se consideran los promedios de todas las seis cruza.

Las fuentes de variación, grados de libertad, cuadrados medios y valores de F del análisis de variación del rendimiento de campo y número de plantas por parcela aparecen en el Cuadro 4. Las diferencias en rendimiento y número de plantas por parcela atribuibles a cruza son altamente signifi-

cativas pero únicamente las diferencias en rendimiento correspondientes a intensidades de contaminación alcanzaron significación al nivel del 5%. La tendencia del rendimiento a disminuir al aumentar el porcentaje de contaminación es general en todas las cruza como lo evidencia la falta de significación de la interacción cruza x variedades.

Las diferencias altamente significativas en el tamaño de las poblaciones de las cruza no sólo no habían sido anticipadas sino que son indeseables desde el punto de vista experimental toda vez que, para tener certeza de la presencia del contaminante en los tratamientos y dado que éste no era fácilmente reconocible morfológicamente, las comparaciones entre tratamientos debieran estar basadas en poblaciones del mismo tamaño. Una prueba de F de rango múltiple separó las seis cruza intervarietales

**Cuadro 4. Fuentes de Variación, grados de libertad, cuadrados medios y valores de F en el análisis de variación de rendimiento de campo y plantas por parcela en ensayo de 12 intensidades de contaminación en 6 cruza intervarietales de maíz. Centro Tropical de Investigación y Enseñanza para Graduados, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica, C. A. 1960.**

| Fuente de Variación           | g. l. | Rendimiento de Campo |         | Plantas por Parcela |        |
|-------------------------------|-------|----------------------|---------|---------------------|--------|
|                               |       | Cuadrado Medio       | F       | Cuadrado Medio      | F      |
| Repeticiones                  | 3     | 6.62                 | 2.06    | 0.77                |        |
| Cruza                         | 5     | 32.87                | 10.21** | 74.26               | 6.59** |
| Error (a)                     | 15    | 3.22                 |         | 11.26               |        |
| Intensidades de Contaminación | 11    | 2.41                 | 2.17*   | 7.95                | 1.71   |
| Cruza x intensidades          | 55    | 1.20                 | 1.08    | 7.90                | 1.70   |
| Error (b)                     | 198   | 1.11                 |         | 4.65                |        |

\* Excede el valor de F para P.<sub>0.5</sub>.

\*\* Excede el valor de F para P.<sub>0.1</sub>.

en dos grupos, el primero de ellos incluyendo las combinaciones P.D.(M.S.)6 x Mayorbela y P.D.(M.S.)6 x Corneli 31# con un número promedio de 53.25 plantas por parcela y el segundo las restantes con un número promedio de 55.45 plantas por parcela.: Los elementos pertinentes de esta prueba de significación aparecen en el Cuadro 5.

Se hizo un nuevo análisis de variación incluyendo únicamente las cruzas intervarietales que no diferían en el tamaño de sus poblaciones y los resultados se presentan en el Cuadro 6. Las cruzas difieren entre sí con respecto a rendimientos y las intensidades de contaminación (incluyendo la cruz pura ó 0% contaminación) rinden más que el testigo como lo evidencia el valor de F de la correspondiente prueba de significación que excede el valor tabulado para una probabilidad de .01 con 1 y 132 grados de libertad.

La significación de la tendencia del rendimiento de campo a disminuir al aumentar el porcentaje

de contaminación se probó mediante el análisis de regresión lineal de rendimiento en porcentaje de contaminación presentado en el Cuadro 7. En este análisis de regresión se omitió el contaminante, toda vez que la región comprendida entre 50 y 100% de contaminación no fue muestreada por haberse estimado que a partir del primero de estos puntos las posiciones relativas de contaminante y contaminado se invierten.

La regresión en porcentaje de contaminación explica 55.7% de la variación en rendimiento atribuible a intensidades de contaminación. El coeficiente de regresión es altamente significativo y alcanzó el valor de - 21.7 Kg. con un error típico de + 1.6 Kg, indicando que la disminución del rendimiento por 1% de aumento de contaminación es de  $21.7 \pm 1.6$  Kg. por hectárea.

La regresión de rendimiento en porcentaje de contaminación se presenta gráficamente en la Figura 1.

**Cuadro 5. Prueba F de múltiple rango del número de plantas por parcela correspondientes a 6 cruzas intervarietales de maíz en ensayo de intensidades de contaminación. Centro Tropical de Investigación y Enseñanza para Graduados, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica, C. A. 1960.**

| Rp                  | (2)                           | (3)                             | (4)                     | (5)                           | (6)                        |                       |
|---------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| p                   | 1.46                          | 1.53                            | 1.57                    | 1.60                          | 1.63                       |                       |
| Plantas por Parcela | 53.23                         | 53.27                           | 55.17                   | 55.17                         | 55.63                      | 56.21                 |
| Cruza               | P.D.(M.S.)6<br>x<br>Mayorbela | P.D.(M.S.)6<br>x<br>Corneli 31# | 1-452<br>x<br>R. H-201# | Corneli 31#<br>x<br>Escalante | 1-452<br>x<br>A. Nehua'ate | 1-452<br>x<br>Cuba 28 |

**Cuadro 6. Análisis de variación de rendimiento de campo de cuatro cruzas intervarietales de maíz sometidas a 12 intensidades de contaminación probadas en diseño de parcelas subdivididas. Centro Tropical de Investigación y Enseñanza para Graduados, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica, C. A. 1960.**

| Fuente de Variación           | g. l. | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | Valor de F |
|-------------------------------|-------|-------------------|----------------|------------|
| Repeticiones                  | 3     | 5.46              | 1.82           |            |
| Cruzas                        | 3     | 153.17            | 51.06          | 11.74**    |
| Error (a)                     | 9     | 39.14             | 4.35           |            |
| Intensidades de Contaminación | 10    | 20.13             | 2.01           | 1.78       |
| Intensidades vs. Contaminante | 1     | 10.82             | 10.82          | 9.58**     |
| Cruzas x intensidades         | 33    | 38.20             | 1.16           |            |
| Error (b)                     | 132   | 149.55            | 1.13           |            |
| Total                         | 191   | 416.47            |                |            |

\*\* Excede el valor de F para P.<sub>.01</sub>

Cuadro 7. Análisis de regresión de rendimiento de campo en porcentaje de contaminación en cuatro cruza intervarietales de maíz ensayadas en diseño de parcelas subdivididas. Centro Tropical de Investigación y Enseñanza para Graduados, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica, C. A. 1960.

| Fuente de Variación     | g. l. | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | Valor de F |
|-------------------------|-------|-------------------|----------------|------------|
| Debido a regresión      | 1     | 11.20             | 11.20          | 11.31**    |
| Desviación de regresión | 9     | 8.93              | 0.99           |            |
| Total                   | 10    | 20.13             |                |            |

\*\* Excede el valor de F para P.<sub>01</sub>.

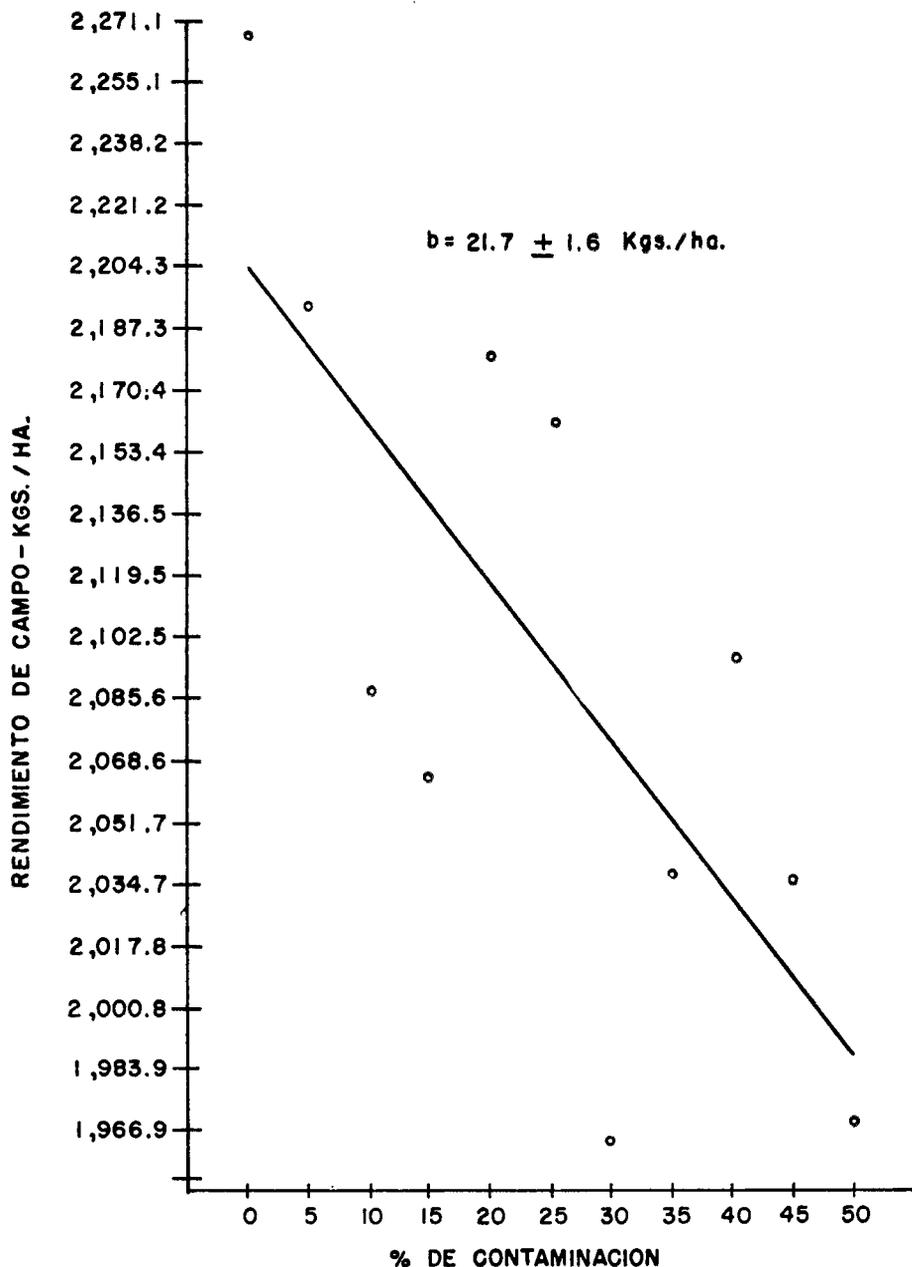


Figura 1. Regresión de rendimiento de campo en % de contaminación en 4 cruza intervarietales de maíz ensayadas en el Centro Tropical de Investigación y Enseñanza para Graduados, I.I.C.A., Turrialba, Costa Rica, C. A. 1960.

## Discusión

Las cruas entre variedades de maíz ofrecen un método seguro y sencillo para mejorar el rendimiento y comportamiento agronómico de este cereal. Su utilización no sólo permite ofrecer a los agricultores un producto mejorado en un período relativamente corto sino que, además, da al mejorador información sobre la habilidad combinatoria de las variedades, permitiéndole elegir las poblaciones adecuadas a utilizar en programas de selección recurrente recíproca u origen de las líneas a combinar en la producción de híbridos superiores. Por otra parte, el nivel sobre el cual se va a mejorar es más alto si se parte de cruas intervarietales en vez de variedades, toda vez que las primeras exceden a éstas en rendimiento y comportamiento agronómico.

Los resultados de este estudio indican claramente que para conservar los aumentos en rendimiento y comportamiento agronómico alcanzados por el cruzamiento de variedades de maíz es preciso ejercer gran cuidado en asegurar su pureza y evitar contaminaciones accidentales. Es evidente que el efecto del contaminante de una crua intervarietal guardará relación a su propio comportamiento, pudiendo ser concebible, incluso, que algunos contaminantes tengan efectos despreciables o aún benéficos si su comportamiento iguala o excede al del contaminado. Sin embargo, si se considera que las cruas intervarietales se introducen en una área dada por su superioridad al material existente es posible esperar que, en general, las contaminaciones tengan un efecto deprimente en la producción de grano y comportamiento agronómico de aquéllas.

El presente estudio no se aplica al tipo de con-

taminación que ocurre cuando polen de terceras variedades aparece en un lote de desespigamiento para la producción comercial de semilla de cruas intervarietales de maíz. En este último caso, el efecto del contaminante dependerá de su habilidad combinatoria con el progenitor pistilado, pudiendo ser adverso, despreciable o benéfico de acuerdo con la intensidad de contaminación y el comportamiento de los cruzamientos no deseados en relación a los deseados.

## Resumen

Se estudió la disminución en rendimiento de maíz en mazorca de seis cruas intervarietales contaminadas intencionalmente, a intervalos de 5%, desde 0 a 50% con una variedad de maíz de hábitos semejantes de crecimientos y adaptación pero inferior en rendimiento.

Todas las cruas intervarietales mostraron la misma tendencia general a disminuir su rendimiento al aumentar el porcentaje de contaminación. La regresión lineal de rendimiento de campo en porcentaje de contaminación fue negativa, altamente significativa y explicó el 55.7% de la variación en el rendimiento de campo. El valor del coeficiente de regresión indicaba una pérdida de  $21.7 \pm 1.6$  Kg en rendimiento de campo con cada 1% de aumento en contaminación.

Los resultados destacan la necesidad de evitar contaminaciones para mantener la pureza de la semilla de cruas intervarietales de maíz si se desea conservar los aumentos en rendimiento y comportamiento agronómico obtenidos mediante los cruzamientos de variedades.

## COMENTARIOS SOBRE EL DESARROLLO DEL PCCMM

Elmer C. Johnson

**A**NTE todo, deseo manifestarles que es para mí un verdadero placer el encontrarme entre ustedes en una más de las reuniones anuales de este esfuerzo cooperativo dedicado al mejoramiento del maíz en la América Latina. Estoy seguro de que todos ustedes comparten conmigo la firme convicción de que hemos progresado mucho durante los últimos años y de que podemos, con razón, confiar en logros futuros.

Analicemos nuestro progreso, de un modo gene-

ral, enumerando las medidas que se han adoptado: 1) Se colectaron, clasificaron y ensayaron variedades de maíz nativo; 2) se introdujeron y evaluaron variedades exóticas de México y otras regiones latinoamericanas; 3) se han venido practicando el cruzamiento de variedades en un grado bastante extenso, y 4) se estudian diversos métodos de mejoramiento. Claro está que no todas estas medidas fueron definidas con meticulosidad, sino más bien con la mira a que se sobrepongan, y todavía están en marcha, en proporciones diversas.