



INIA  
Instituto Nacional  
de Investigaciones  
Agrícolas

Vol. 55, Nº 3, 2005

# Agronomía Tropical

55 *Aniversario*

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS - VENEZUELA

# AGRONOMÍA TROPICAL

Revista trimestral del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Venezuela, anteriormente FONAIAP.

**AGRONOMÍA TROPICAL** publica trabajos inéditos sobre resultados de investigación obtenidos en las ciencias agrícolas y sus diferentes disciplinas: mejoramiento agronómico, recursos fitogenéticos, biotecnología, fisiología vegetal, edafología, fertilidad y nutrición de suelos, riego, protección vegetal, malezas, ecología y medio ambiente, maquinaria, sistemas de producción y tecnología de alimentos, entre otros.

La remisión de un trabajo a la revista implica que no ha sido publicado ni enviado simultáneamente para su publicación en otro medio. Los artículos y notas son revisados y evaluados por reconocidos especialistas para asegurar su calidad científica. El contenido de los trabajos (artículos, notas, ensayos...) es de la exclusiva responsabilidad de los autores.

## INDIZACIÓN

**AGRONOMÍA TROPICAL** es reseñada e indizada por CAB Internacional (Reino Unido); TROPAG, Royal Tropic Institute (Holanda); REFERATIVNYI ZHURNAL, All-Russian Institute of Scientific and Technical Information (Rusia); AGRIS, FAO (Roma); Base Agrícola Venezolana, INIA (Venezuela); Centro de Información y Documentación (Cuba); REVENCYT, Fundacite Mérida (Venezuela); PERIÓDICA, Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias, UNAM (México); REDPAV, Fundación Polar (Venezuela); WILDLIFE REVIEW ABSTRACTS, NISC Colorado (USA); BIOSIS Zoological Record (Reino Unido); AGRÍCOLA, National Agricultural Library (USA); Pest Directory, International Society for Pest Information (Alemania); LATINDEX, Directorio de Publicaciones Científicas de América Latina; Bibliografía Edafológica Venezolana, Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo; MegaBase AGRI 2000, IICA-CATIE; Catalogue en Ligne del Institute de l'Information Scientifique et Technique, Francia; Base de Datos REVIS, CATIE, Costa Rica, Science citation index.

## SUSCRIPCIÓN

Venezuela: 125 000,00

Países en desarrollo: US\$ 95, incluyendo costos de envío  
(Developing countries) (including shipping)

Países desarrollados: US\$ 100, incluyendo costos de envío  
(Developed countries) (including shipping)

## DIRECCIÓN

La correspondencia debe dirigirse a: **AGRONOMÍA TROPICAL**, Av. Universidad, vía El Limón, Edificio Gerencia General, INIA. Apartado 2103, Maracay 2105, Aragua-Venezuela. Los envíos por concepto de CANJE (EXCHANGE) deben dirigirse a: BIBLIOTECA, Centro Nacional de Investigaciones Agropueciarias, INIA. Apartado 4653, Maracay 2101, Aragua-Venezuela.

**Correo Electrónico:** [agrotrop@fundacite.arg.gov.ve](mailto:agrotrop@fundacite.arg.gov.ve)

**Página Electrónica:** <http://www.redpav-polar.info.ve.agrotrop>

# AGRONOMÍA TROPICAL

Revista trimestral del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas  
Maracay, Venezuela

## FUNDADORES

Luis Medina (Dir.), Bruno Mazzani<sup>†</sup>, W. S. Iljin, Rafael Pontis Videla, Jesús Silva Calvo, Gino Malagutti, Guisepppe Ravanello, Luis A. Salas F., S. Horovitz, P. Obregón y Dora M. de Zerpa.

**EDITOR:** Milagros Fernández

**EDITOR ASISTENTE:** Andreina Muñoz

## COMITÉ EDITORIAL

Milagros Fernández  
María González

Félix San Vicente  
Klaus Jaffé

## CONSEJO DE REDACCIÓN

José San José. IVIC. Caracas  
Gustavo Trujillo. UCV. Fac. de Agronomía  
María A. Sobrado. USB. Caracas  
José Pérez Roa. CIDIAT. Mérida  
Jean Marie Hétier. ORSTOM. Francia  
Eduardo Casanova. UCV. Fac. de Agronomía  
Jorge Salas. INIA. CIAE Lara  
Eva García. UCV. Fac. de Agronomía  
Luis Avilán. INIA. CENIAP. Maracay  
Guillermo H. Eyherabide. INIA. Argentina  
Gloria I. Puerta. CINECAFÉ. Colombia  
Jon Lizaso. Iowa State University  
Gustavo Yépez. SYNGENIA. Guatemala  
María L. Izaguirre. IVIC. Caracas  
Inés Pino. Comisión Chile. Energía Nuclear

Yolanda Guevara. INIA. CENIAP. Maracay  
Raúl Mosqueda Vásquez. INIFAP. México  
Alfredo Layrisse. UCV. Fac. de Agronomía  
Juan Comerma. PALMAVEN. Carabobo  
David Beck. CIMMYT. México  
Zaida Lentini. CIAT. Colombia  
Graciano Elizalde. UCV. Fac. de Agronomía  
Marisol Castrillo. USB. Caracas  
José Barreiro Méndez. USB. Caracas  
Juan Blanquer. Univ. Politec. Valencia. España  
Ramón Rossel. Univ. Nac. del Sur. Argentina  
Lelys Bravo. USB. Caracas  
Berto Arias. INIA. CIAE Monagas  
María Juana Pérez. INIA. CENIAP. Maracay  
Segundo Urquiaga. EMBRAPA. Brasil

**Se agradece al Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Fonacit)  
el apoyo financiero otorgado para la edición de este número**

## AGRONOMÍA TROPICAL

---

Vol. 55-2005

Julio-Septiembre

No. 3

---

ISSN 0002-192X

Depósito Legal pp 195102AR73

---

### ÍNDICE

| <b>Artículos:</b>   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| A. CORTÉZ, F. A. OVALLES, M. F. RODRÍGUEZ, J. C. REY y M. C. NÚÑEZ. Análisis geoestadístico de la variabilidad temporal, a una escala anual y mensual, de parámetros climáticos en un campo experimental, estado Aragua, Venezuela.....<br>Geostatistical analysis of the annual and monthly temporal variability of climatic parameters of an experimental field in Aragua State, Venezuela. | <b>327</b>  |
| M. VIELMA B., M. CEROVICH, F. MIRANDA y C. MARÍN R. Influencia de la semilla certificada de maíz en la productividad de los sistemas de producción de maíz en grano de los estados Portuguesa y Guárico.....<br>Influence of certified maize seed on the productivity of production systems of maize grain in Portuguesa and Guarico States.  | <b>343</b>  |
| P. M. GARCÍA y J. MEJÍA. Control químico de malezas en maíz en un sistema de siembra directa.....<br>Chemical control of weeds in a maize no-tillage system.  | <b>363</b>  |
| N. RODRÍGUEZ, M. CEROVICH, C. RAMIS, F. MIRANDA, A. TRUJILLO y R. FIGUEROA. Uso de patrones isoenzimáticos para caracterizar la calidad genética de la semilla certificada de arroz en Venezuela.....<br>Use of isoenzymatic patterns to characterize genetic quality of certified rice seed in Venezuela.  | <b>381</b>  |

| <b>Artículos:</b>  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| F. M. SAN VICENTE G., C. MARÍN R. y D. DÍAZ. Estabilidad del rendimiento y potencial agronómico de híbridos de maíz de alta calidad de proteína (QPM) en Venezuela.....<br>Yield stability and agronomic potential (QPM) maize hybrids in Venezuela.   | <b>397</b>  |
| J. C. RODRÍGUEZ REYES, Á. E. MARCANO CUMANA y N. MONTAÑO. Rendimiento del pimentón en respuesta al compost Nutribora combinado con un fertilizante mineral y a diferentes distancias de siembra.....<br>Sweet pepper yield in response to Nutribora compost in combination with a mineral fertilizer and different planting distances.                               | <b>411</b>  |
| M. MENDOZA ELOS, A. LÓPEZ BENÍTEZ, L. LATOURNERIE MORENO, J. A. RANGEL LUCIO, J. G. RAMÍREZ PIMENTEL, S. A. RODRÍGUEZ HERRERA y G. CASTAÑÓN NÁJERA. Análisis de medias generacionales para estimar parámetros genéticos de la resistencia al acaparamiento en maíz.....<br>Analysis of generation means to estimate genetic parameters of stunt resistance in maize. | <b>429</b>  |

Instrucciones a los autores

**ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO DE LA VARIABILIDAD  
TEMPORAL, A UNA ESCALA ANUAL Y MENSUAL,  
DE PARÁMETROS CLIMÁTICOS EN UN CAMPO  
EXPERIMENTAL, ESTADO ARAGUA, VENEZUELA**

**Adriana Cortéz\*, Francisco A. Ovalles\*, María F. Rodríguez\*,  
Juan C. Rey\* y María C. Núñez\***

**RESUMEN**

La preocupación por la variabilidad climática y sus influencias se ha venido incrementando. La actividad agrícola incide en los cambios climáticos y éstos a su vez influyen en el desempeño de esta actividad. El objetivo del trabajo es el de evaluar la variabilidad temporal de los datos de precipitación y la temperatura de la estación climática ubicada en el campo experimental del CENIAP, para ello se seleccionaron los datos disponibles de precipitación, período 1960-2003, y de temperatura (máxima, mínima y promedio), período 1960-1999. Los datos fueron sometidos a un análisis exploratorio (AED) y un análisis geoestadístico. El AED indicó que los valores de precipitación tuvieron una distribución normal logarítmica y los de temperatura una distribución cercana a la normal. La precipitación y la temperatura en el campo experimental del CENIAP ha presentado variaciones importantes anual y mensualmente de carácter cíclico: quinquenales y semestrales para el caso de la precipitación, y de 4 a 7 años y 4 a 5 meses en el caso de en la temperatura, observándose una mayor variación intraanual que interanual. La presencia de esta variación sistemática en el tiempo indica que el uso de los promedios de estas variables no constituye una herramienta de pronóstico eficiente; siendo el modelo de variación establecido por medio de la geoestadística una solución útil para las predicciones climáticas.

**Palabras Clave:** Variabilidad climática; semivariogramas; kriging; Campo Experimental CENIAP; Maracay; Venezuela.

---

\* Investigadores. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Laboratorio e sistemas de Información en Recursos Agroecológicos. Apdo. 4846. Av. Universidad, vía El Limón. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela. E-mail: acortez@inia.gov.ve

RECIBIDO: enero 17, 2005

## INTRODUCCIÓN

La existencia de variabilidad dentro del clima, es decir las oscilaciones en las propiedades estadísticas sobre períodos de tiempo, y la secuencia de estas oscilaciones de las variables climatológicas alrededor de la normal se denominan “Variabilidad Climática”. Así mismo, las diferencias entre el valor registrado de la variable y su promedio se conocen como “Anomalía” a un cierto nivel de significancia (Pabón, 1997).

El tiempo ha sido definido como una sucesión de estados correspondientes a una variación de energía o cambio de posición (Hawking, 1990). Por otra parte, se conoce que en el universo interactúan los sistemas microscópicos con los macroscópicos, y en consecuencia, para evaluar los cambios temporales de los parámetros climáticos es necesario introducir el componente escala.

Así, la variabilidad climática se presenta en diferentes escalas de tiempo. Para las latitudes medias las estaciones del año son, tal vez, la forma más conocida de dicha variabilidad, mientras que en latitudes tropicales son conocidas las temporadas lluviosas y las temporadas secas. Gran parte de las actividades, particularmente las agropecuarias, están orientadas con el conocimiento de este tipo de secuencias periódicas.

Se puede hablar de “Cambio Climático” cuando las propiedades estadísticas de una secuencia de años o décadas, difieren considerablemente respecto a otra secuencia de años o décadas de referencia, sobre una escala de tiempo adecuada.

La preocupación por la variabilidad climática y sus influencias se ha venido incrementando en términos de las alteraciones en el régimen de lluvias, las temperaturas y otros parámetros, particularmente a partir de la década del 90, a raíz de la Conferencia de Cambio Climático en Kyoto. Las posibles relaciones entre el Cambio Climático y la variabilidad, son y han sido objeto de numerosas discusiones científicas, debido a los problemas de confiabilidad estadística de los registros climáticos o a la ausencia de los mismos (Córdova, 2003).

Los individuos y comunidades sufren las consecuencias de no contar con la debida protección contra la variabilidad del clima. Además la pobreza, que magnifica los efectos negativos de los contrastes climáticos,

frecuentemente no permite dedicar los recursos necesarios para prevenir o mitigar debidamente los problemas causados por tal variabilidad (AASC, 2003).

El sector agrícola al responder a la exigencia de limitar su contribución al posible calentamiento global, se traduce en modificar los métodos de producción y se hace necesario estar mejor preparados para enfrentar la creciente variabilidad y las condiciones extremas; así como prever la posibilidad de que el cambio sea permanente. La naturaleza de esta necesidad de adaptación está determinada en principio por factores cada vez más restrictivos de la producción agrícola y por la vulnerabilidad de los sistemas de producción. Será preciso tener en cuenta el ritmo que demandará la necesaria adaptación a la variabilidad del clima y al cambio climático, así como las repercusiones de otros cambios socioeconómicos o ambientales (OMM, 2001).

Diversos autores han utilizado la geoestadística para evaluar la variabilidad de distintos parámetros climáticos, en especial precipitación y temperatura. Sin embargo, la mayoría, a pesar del gran dinamismo temporal que tiene el clima, tan solo han establecido su variabilidad espacial (Ahmed, 2004; Demey y Predere, 1996; Diodato y Ceccarelli, 2005); de igual forma la geoestadística ha sido empleada para determinar la relación espacial entre precipitación y elevación (Eparido-Igúzquiza, 1998; Sen y Habib, 2000); siendo muy pocos los estudios que han evaluado la variación temporal (Subyani, 2004).

El objetivo de este trabajo es el de evaluar la variabilidad temporal de los datos de precipitación y la temperatura de la estación climática ubicada en el campo experimental del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), ubicado en Maracay, estado Aragua, Venezuela.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para este trabajo se seleccionaron los datos disponibles de precipitación, período 1960-2003, y de temperatura (máxima, mínima y promedio), período 1960-1999, de la estación climática ubicada en el campo experimental del CENIAP-Maracay, estado Aragua, Región centro-norte de Venezuela, a 10° 17' 14" LN, y 67° 36' 02" LO, 480 m.s.n.m. La zona se clasifica como bosque seco tropical, subhúmedo (Ewel y Madriz, 1968).

Los datos utilizados provienen de las lecturas diarias de un pluviógrafo de balancín marca SIAP, para el caso de la precipitación y de las lecturas diarias del termómetro de máxima y mínima para las temperaturas máximas y mínimas, respectivamente. Los datos fueron sometidos a un análisis exploratorio (AED), que tiene por finalidad el entendimiento básico de los datos y de las relaciones existentes entre las variables analizadas (Salvador Figueras y Gargallo, 2003), el AED es fundamentalmente un método de análisis gráfico.

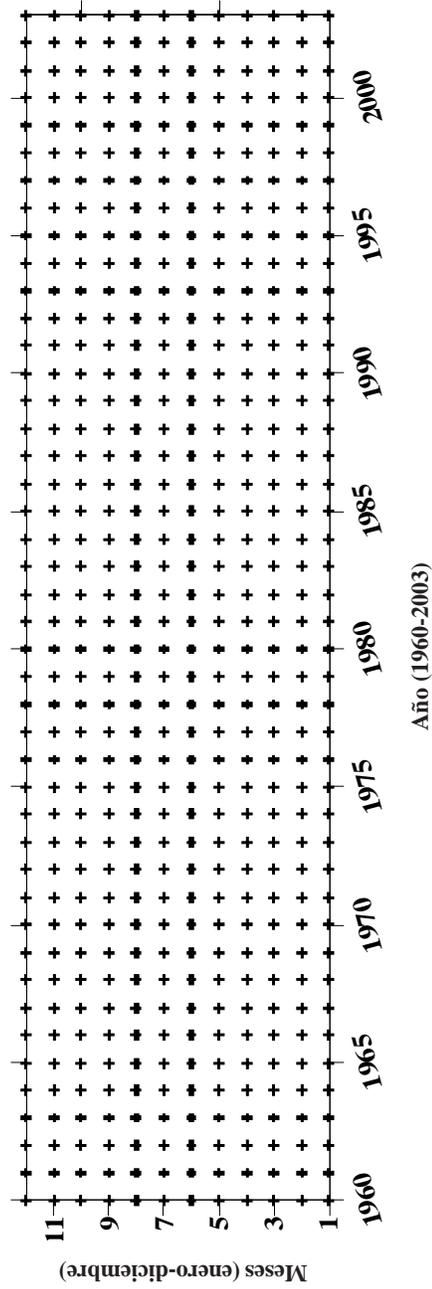
Mediante el análisis univariado se obtuvieron los estadísticos básicos (media, varianza, desviación standard, coeficiente de variación, kurtosis, asimetría, valores máximos y mínimos y cuartiles) y la presencia de valores atípicos.

Se utilizó la metodología de Tukey (1977), de determinación de cercas internas y externas empleando el rango intercuartil, para detectar la presencia de valores atípicos (Rey y Ovalles, 2000). En este estudio se consideraron como atípicos, aquellos valores que se localizaron por fuera de las cercas internas. Para los análisis estadísticos se utilizó los programas Geo-EAS (Englund y Sparks, 1991) y Vista (Young, 2001).

Posterior al análisis estadístico, los datos fueron sometidos a un análisis geoestadístico, para ello a cada dato se le asignaron valores de coordenadas temporales (X, Y) considerando dos escalas distintas, mes (Y) y año (X), tomando como origen de los ejes de coordenadas el vértice correspondiente al mes de enero y al año 1960 (Figura 1). Para este análisis se utilizó el programa Variowin (Pannatier, 1996). Se calculó para cada variable la semivarianza total y en distintas direcciones ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  y  $135^\circ$ ), a partir de estos resultados se elaboraron los semivariogramas experimentales.

Los semivariogramas se obtienen graficando la semivarianza contra los incrementos de la distancia de muestreo. Los semivariogramas se ajustaron a modelos teóricos por el método de los mínimos cuadrados. A partir de los modelos ajustados se obtuvo el alcance o rango de dependencia espacial, el umbral o sill y la varianza aleatoria o varianza nugget, los cuales constituyen los parámetros espaciales de los modelos de variación de los atributos de suelo evaluados.

Con la finalidad de analizar la variación temporal anual y mensual de la precipitación y la temperatura media, se consideraron fundamentalmente los semivariogramas en las direcciones  $0^\circ$  (Variación Anual) y  $90^\circ$  (Variación Mensual).



**FIGURA 1.** Distribución de los ejes temporales en un espacio bidimensional en dos escalas de tiempo: años (eje X) y meses (eje Y).

Para estimar la variación en el tiempo de las variables climáticas, fue utilizado el método de kriging ordinario en bloques, ya que se está realizando una evaluación a nivel anual y mensual. El kriging ordinario asume que las medias de períodos de tiempo específicos, no están necesariamente relacionadas con la media de la población (Ovalles, 1991).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis exploratorio

Los resultados del AED se presentan en el Cuadro 1. Al analizar los valores de asimetría y curtosis, se evidencia que la temperatura (máxima, mínima y promedio) presentó una asimetría cercana a 0 que corresponde a una distribución normal. Los valores de curtosis son bajos en relación al valor 3 característico de la distribución normal. Los valores de precipitación tienden más a una distribución normal logarítmica (Figura 2).

**CUADRO 1.** Parámetros estadísticos de las variables climáticas estudiadas.

|                | Variables     |       |       |        |
|----------------|---------------|-------|-------|--------|
|                | Precipitación | Tmáx. | Tmín. | Tprom. |
| n              | 528           | 471   | 471   | 471    |
| Media          | 82,6          | 31,7  | 18,0  | 24,9   |
| D.E.           | 77,66         | 1,22  | 1,87  | 1,05   |
| Varianza       | 6 031,76      | 1,49  | 3,51  | 1,10   |
| Mín.           | 0,0           | 28,8  | 13,1  | 22,2   |
| Máx.           | 408,3         | 35,3  | 23,2  | 28,0   |
| Mediana        | 67,7          | 31,5  | 18,5  | 24,9   |
| Q <sub>1</sub> | 6,7           | 30,8  | 16,60 | 24,20  |
| Q <sub>3</sub> | 136,9         | 32,5  | 19,4  | 25,5   |
| Asimetría      | 0,82          | 0,57  | -0,39 | 0,10   |
| Curtosis       | 0,23          | -0,16 | -0,54 | -0,06  |

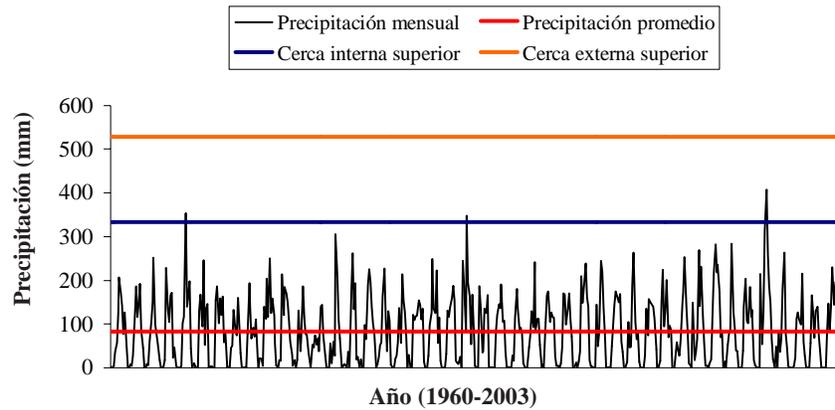
n= Número de observaciones; D.E.= Desviación estándar; Mín.=Valor mínimo; Máx.= Valor máximo; Q<sub>1</sub>= 1<sup>er</sup> Cuartil; Q<sub>3</sub>= 3<sup>er</sup> Cuartil

**FIGURA 2.** Distribución (a) y gráfico de caja (box plot) (b) de los valores de precipitación.

La relación media / mediana para la variable temperatura es muy próxima a 1, lo que sugiere que estos datos presentaron una distribución cercana a la normal.

El análisis para detectar valores atípicos, permitió establecer que la precipitación presentó valores ubicados entre las cercas interna y externa superior (Figura 3), los cuales de acuerdo a Tukey (1977) son considerados como lejanos a la media, los que están fuera de las cercas externas son considerados como muy lejanos y los que están dentro de las cercas internas son considerados como adyacentes.

En este caso se procedió a eliminar todos los datos ubicados fuera de las cercas internas; sin embargo, se mantuvo la distribución de las observaciones aunque se redujo la asimetría y se incrementó la curtosis. Los parámetros de temperatura tuvieron todos los valores dentro de las cercas internas.



**FIGURA 3.** Distribución de los valores mensuales de precipitación (1960-2003) en relación a la media y las cercas internas y externas.

### Análisis geoestadístico

#### Precipitación

En la Figura 4 se pueden apreciar los semivariogramas experimentales que muestran la variación anual y mensual para el caso de la precipitación. En el caso de la variación anual, se observa un incremento de la semivarianza con la distancia hasta estabilizarse aproximadamente a los 16 años, indicando que ya en ese período de tiempo la precipitación anual presenta una dependencia temporal. A este comportamiento, se le denomina carácter transitivo.

Sin embargo, dentro de los primeros 16 años, se aprecia un efecto anidado, en el cual hay incrementos (3-4 años) y cortos períodos de estabilización de la semivarianza de la precipitación (1-2 años). Este comportamiento se repite en ciclos de 5 a 6 años hasta que definitivamente la variación se estabiliza a los 16 años, indicando un comportamiento cíclico de la precipitación anual.

La variación mensual mostró un semivariograma con incrementos de la variación hasta los 6 meses y luego esta variación desciende. Este comportamiento de la variación se corresponde con la ocurrencia de una distribución estacional de las lluvias con 6 meses secos y 6 húmedos.

**FIGURA 4.** Semivariogramas anual y mensual de la precipitación de la Estación Climática CENIAP (1960-2003).

Los semivariogramas fueron ajustados a modelos teóricos presentándose los resultados en el Cuadro 2. Existe en apariencia una anisotropía, que debe ser mejor evaluada por la influencia que tienen las dos escalas temporales evaluadas.

El ajuste muestra un alcance anual de 5,04 indicando que hay una periodicidad quinquenal en la variación de la precipitación, mientras que el alcance mensual (5,59) indica que la precipitación presenta dependencia temporal de 6 meses dentro de un mismo año. Ambas escalas de percepción (anual y mensual) mostraron un claro componente nugget, lo que sugiere que se presenta una microvariabilidad no explicada por las observaciones anuales y mensuales utilizadas (Arrouays *et al.*, 2000).

La proporción de la varianza aleatoria o nugget con respecto al umbral es conocida como efecto nugget relativo, cuya magnitud es una expresión del grado de dependencia espacial que existe entre las observaciones de la variable considerada (Cambardella *et al.*, 1994). El efecto nugget relativo fue de 17,8% para la precipitación mensual, mientras que para la precipitación anual fue mayor de 44,8%. Estos valores indican según (Cambardella *et al.*, 1994) una alta dependencia temporal en el caso de la precipitación mensual y una moderada en el caso de la anual, es decir, hay una mayor variación de la precipitación año a año, que mes a mes. Por otra parte, el Umbral fue mucho mayor para la precipitación mensual, indicando que las variaciones de precipitación intraanuales son mayores a las variaciones interanuales.

**CUADRO 2.** Parámetros de los semivariogramas de precipitación.

| Variable              | Modelo   | Nugget<br>(mm <sup>2</sup> ) | Umbral<br>(mm <sup>2</sup> ) | Alcance<br>tiempo | Nugget relativo<br>(%) |
|-----------------------|----------|------------------------------|------------------------------|-------------------|------------------------|
| Precipitación Anual   | Esférico | 1 430,0                      | 3 190,0                      | 5,04              | 44,8                   |
| Precipitación Mensual | Esférico | 1 450,0                      | 8 140,0                      | 5,59              | 17,8                   |

### Temperatura

La temperatura fue analizada en sus componentes máxima, mínima y promedio a las escalas temporales anual y mensual. La variación temporal de la temperatura máxima anual (Figura 5) mostró un aumento sostenido de la variación temporal, observándose un efecto anidado en ciclos de 4 a 7 años. El incremento de la variación en el tiempo de manera sostenida indica que ha habido un cambio en la temperatura máxima a través de los años de manera continua y en este caso, la temperatura máxima se ha ido incrementando a lo largo de los años. En la temperatura promedio la variación se incrementa hasta los 11 años y luego disminuye, indicando que cada 11 años las temperaturas mínimas y promedios tienden a ser más parecidas entre sí (variación cíclica).

**FIGURA 5.** Semivariogramas anual y mensual de la temperatura máxima de la Estación Climática CENIAP (1960-2003).

El semivariograma mensual se presenta similar para las temperaturas máximas, mínimas y medias, mostrando incrementos de variación los primeros 5 meses, para luego descender en el tiempo (Figura 5).

En el Cuadro 3 se muestra el ajuste de los semivariogramas de temperatura a modelos teóricos. Se observa como los alcances de dependencia temporal anual están en el orden de los 5 años para las temperaturas mínima y promedio y de 7 años para la temperatura máxima y un alcance de dependencia espacial mensual entre 4 y 5 meses. Al igual que para la precipitación, existe una alta dependencia temporal mensual (efecto nugget < 25 %) y una moderada dependencia temporal anual (efecto nugget entre 25 y 75%), indicando que la variación de temperatura mes a mes, es menor que la que ocurre año a año; sin embargo, la variación total de temperatura dentro de un año (umbral mensual) es mayor a la variación total de temperatura que ocurre entre los años (umbral anual). Este comportamiento de la temperatura es típico de las regiones tropicales, donde ocurren variaciones muy pequeñas en los promedios anuales de temperatura.

**CUADRO 3.** Parámetros geoestadísticos de los semivariogramas generales.

| Variable           | Modelo   | Nugget | Umbral | Alcance* | Nugget relativo (%) |
|--------------------|----------|--------|--------|----------|---------------------|
| T máxima anual     | Esférico | 0,525  | 1,080  | 7,35     | 48,6                |
| T máxima mensual   | Esférico | 0,200  | 1,955  | 4,03     | 10,2                |
| T mínima anual     | Esférico | 0,648  | 1,908  | 5,25     | 35,9                |
| T mínima mensual   | Esférico | 0,500  | 4,536  | 4,48     | 11,0                |
| T promedio anual   | Esférico | 0,341  | 0,759  | 5,25     | 44,9                |
| T promedio mensual | Esférico | 0,121  | 1 1990 | 4,83     | 10,1                |

- Se recomienda como paso posterior a este estudio la validación de los modelos de simulación climática por medio de la geoestadística, y aplicación y validación de la metodología propuesta en este trabajo en sitios con diferentes condiciones climáticas.

### SUMMARY

Concern for climatic variability and its influences has increased. Agricultural activity and climatic change have reciprocal influences. The objective of this work was to evaluate the temporal variability of precipitation and temperature data of the climatic station located in the experimental field of CENIAP. Precipitation data corresponding to the period 1960-2003, and temperature (maximum, minimum and average) data corresponding to the period 1960-1999 were selected and subjected to an exploratory analysis (EA) and a geostatistical analysis. The EA indicated that the precipitation data set had a logarithmic normal distribution and the temperature data set had a near normal distribution. Precipitation and temperature in the experimental field of the CENIAP has presented important annual and monthly recurrent cyclic variations: quinquennial and biannual for the case of precipitation and 4 to 7 years and 4 to 5 months in the case of temperature. Within year variations were higher than between years variations. The presence of this systematic variation in the time indicates that the use of the means of these variables doesn't constitute an efficient tool of prediction. The variation model developed by geostatistics could be a useful solution for climatic predictions.

**Key Words:** Climatic variability; semivariograms; kriging.

### BIBLIOGRAFÍA

AHMED, S. 2004. Geostatistical estimation variance approach to optimizing an air temperature monitoring network. *Water Air and Soil Pollution* 158 (1):387-399 .

ARROUAYS, D., S. MARTIN, A. LEPRETRE and H. BOURENNANE. 2000. Short-range spatial variability of metal content in soil on a one hectare agricultural plot. *Communication Soil Science and Plant Analysis* 31:387-400.

ASOCIACIÓN AMERICANA DE CLIMATÓLOGOS ESTATALES (AASC). 2003. Declaración de Postura Sobre Políticas de Variabilidad y Cambio del Clima. Estados Unidos. 3 p.

CAMBARDELLA, C., T. MOORMAN, J. NOVAK, T. PARKIN, D. KARLEN, R. TURCO y E. KONOPKA. 1994. Field scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:1 501-1 511.

CÓRDOVA, K. 2003. Impactos socio-ambientales de la variabilidad climática. Las sequías en Venezuela. Instituto de Geografía y Desarrollo Regional. Área de Energía, Ambiente y Desarrollo Sustentable. Universidad Central de Venezuela. 4 p.

DEMEY, J. R. and R. PRADERE. 1996. Generacion de isoclinas de precipitacion al sur del Estado Aragua -Venezuela usando kriging con tendencia externa. *Agronomía Tropical* 46(3):313-333.

DIODATO, N. and M. CECCARELLI. 2005. Interpolation processes using multivariate geostatistics for mapping of climatological precipitation mean in the Sannio Mountains (southern Italy). *Earth Surface Processes and Landforms* 30(3):259-268

ENGLUND, E and A. SPARKS. 1991. Geo-EAS 1.2.1 User's Guide, US\_EPA Report # 600/8 -91/008. EPA\_EMSL, Las Vegas, NV.

EPARDO-IGÚZQUIZA, E. 1998. Comparison of geostatistical methods for estimating the areal average climatological rainfall mean using data on precipitation and topography. *Int. J. of Climatology* 18(9):1 031-1 047.

EWEL, J. y A. MADRIZ. 1968. Zonas de Vida de Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cría (MAC). Dirección de Investigación. Caracas. 264 p.

HAWKING S. W. 1990. Historia del tiempo, del Big Bang a los agujeros negros. Hurope, S.A, Barcelona. pp. 55-64.

ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL (OMM) 2001. Tiempo, Clima y seguridad Alimentaria. Ginebra. Suiza. Boletín Divulgativo N° 933.

OVALLES, F. 1991. Evaluación de la variabilidad de los suelos a nivel de parcelas, para el establecimiento de lotes experimentales en el estado Cojedes, *Agronomía Trop.* 41 (1 y 2):5-19.

PABÓN, D. 1997. Técnicas agrometeorológicas en la agricultura operativa de América Latina. Paipa, Colombia. Organización Meteorológica Mundial. p. 99-103.

PANNATIER, Y. 1996. Variowin. Software for Data Analysis in 2D. Springer, New York. 91 pp.

REY, J. C. y F. OVALLES. 2000. Efecto de técnicas exploratorias de los datos en estimaciones Kriging de propiedades del suelo. *Agronomía Trop.* 51:81-106.

SALVADOR FIGUERAS, M y P. GARGALLO. 2003. Análisis Exploratorio de Datos [en línea]. Disponible <http://www.5campus.com/leccion/aed> [Consulta 2003, 12 de Julio].

SEN, Z. y Z. HABIB. 2000. Spatial Precipitation Assessment with Elevation by Using Point Cumulative Semivariogram Technique. *Water Res. Manag.* 14 (4):311-325

SUBYANI, A. M. 2004. Geostatistical study of annual and seasonal mean rainfall patterns in southwest Saudi Arabia. *Hydrological Sci. J.* 49(5):803-817.

TUKEY, J. 1977. *Exploratory Data Analysis*. Addison-Wesley, Reading, Mass, USA. p. 688.

YOUNG, F. 2001. *VISta The visual Statistics System: How to use VISta*. Univ. of North Carolina. 66p.

## INFLUENCIA DE LA SEMILLA CERTIFICADA DE MAÍZ EN LA PRODUCTIVIDAD DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN GRANO DE LOS ESTADOS PORTUGUESA Y GUÁRICO

Magaly Vielma B.\*, Miriana Cerovich\*,  
Fausto Miranda\*\* y Carlos Marín R.\*\*

### RESUMEN

La investigación estudió la contribución de la semilla Certificada de maíz (SCM), en la productividad de los sistemas de producción de Portuguesa y Guárico en el año 2000; estimar la influencia de la SCM en la rentabilidad obtenida; y evaluar la participación de las asociaciones de productores (PGM) en las negociaciones con los proveedores de granos, insumos y servicios agrícolas. Se encuestaron 90 PGM de Portuguesa y 40 de Guárico. Las variables cuantitativas se evaluaron con el análisis de los componentes principales (ACP) de la varianza total (VT) y clasificación jerárquica ascendente (CJA); las cualitativas mediante un estudio descriptivo. Los resultados indicaron que en Portuguesa, el mayor porcentaje de semilla sembrada fue de las transnacionales Pioneer y Cargill, con una productividad mayor de 1 000 kg ha<sup>-1</sup> a la obtenida por los híbridos de origen nacional; mientras que en Guárico la Sefloarca e Himeca, fue significativamente superior a Pioneer. La integración de los PGM en Portuguesa en asociaciones gremiales, da más poder de negociación con los proveedores de servicios e insumos, en comparación a los de Guárico, que realizan operaciones individualmente. Así mismo, el ACP para los 130 PGM estudiados, identificó que 6 variables: precio de semilla, fertilizante, costo de labores mecánicas, mano de obra, cosecha y transporte, fueron responsables por el 75% de la VT de los costos de producción, agrupándose en 3 CP, el CPI de fertilizante, labores mecánicas y cosecha, explicó el 35,21% de la VT; El CP2 por mano de obra semilla y cosecha, explicó el 22,16% del VT y el CP3, determinado por transporte y mano de obra, explicó el 17,82%. El CJA, conformó 5 grupos para los 90 PGM de Portuguesa y 2 grupos para los 40 de Guárico, con la particularidad que un PGM individual fue agrupado con los de Portuguesa debido a su patrón tecnológico de trabajo.

**Palabras Clave:** Maíz; grano; *Zea mays* L.; organización de los productores; rendimiento; costos; beneficios.

---

\* Profesoras Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Apdo. 2101, estado Aragua. Venezuela. E-mail: magalyvielmab@hotmail.com; lcta@agr.ucv.ve

\*\* Investigador y Técnico Asociado a la Investigación, respectivamente. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Apdo. 4653. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela. E-mail: fmiranda@inia.gov.ve; cmarin@inia.gov.ve

RECIBIDO: junio 29, 2004.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo e incorporación de nuevos cultivares de maíz, *Zea mays* L., han elevado la productividad y rentabilidad de los agricultores del sector maicero nacional. En Venezuela, desde la época colonial, el maíz ha sido el cultivo anual más ampliamente extendido, por la base energética de la alimentación para la mayoría de la población y por su fácil adaptación a diversas condiciones de clima, suelos y pisos altitudinales, llegando a constituir la principal actividad agrícola de muchas familias, siendo su mayor fuente de ingresos (González, 2000). También Vielma (1996) destaca que en el país, el maíz tiene una particular importancia con repercusiones tecnológicas que derivan de la producción permanente de mayores y mejores materiales genéticos; siendo unas económicas que inciden desde que comienza a motorizarse la infraestructura física disponible y con ello a generarse flujos monetarios como consecuencia del intercambio de los bienes y otras de carácter social, porque todo el proceso despliega una demanda de empleo directo e indirecto que permite proporcionar ingresos a una buena parte de la población.

La evolución del proceso de modernización del maíz en Venezuela, comienza en 1960 con la incorporación de la semilla certificada como uno de los insumos tecnológicos de mayor impacto. Para la serie de años 1990-1998 la superficie cosechada promedio anual maíz en grano fue de 576 952 ha, el volumen promedio de producción 861 708 kg h<sup>-1</sup> y con rendimientos de 2 637 kg ha<sup>-1</sup>, siendo Portuguesa y Guárico los mayores estados productores de este rubro agrícola (MAC, 2000); mientras que la evolución promedio de la producción de la semilla certificada de maíz para los últimos 9 años fue de aproximadamente 5 500 t (SENASA, 2000).

En 1980, González y López, indicaron que la producción de maíz para semilla y grano presentaba problemas de orden genético, agronómico, procesamiento, comercialización y legal, en diferentes grados de complejidad y solución. Uno de ellos está asociado a la excesiva altura de las plantas (Bejarano *et al.*, 1984), lo cual acarrea hasta 30% de pérdidas por volcamiento. Para abordar este problema el equipo de maíz del INIA seleccionó materiales de porte bajo, que además de disminuir tales pérdidas, tenían la ventaja de utilizar mejor la fertilización nitrogenada, permitir el uso de mejores densidades y facilitar la cosecha mecánica, aunque esta tarea resulta dificultoso debido a que la altura de planta y el

rendimiento estaban negativamente correlacionados. También en 1993, Malaguti señaló que los rendimientos de maíz se veían fuertemente afectados por la presencia de enfermedades, aunque también ratifica que los factores abióticos como exceso o escasez de agua o suelos pobres y salinos, influyen negativamente sobre los rendimientos, hecho este reflejado por los bajos promedios nacionales en relación a los obtenidos en otros países bajo condiciones similares.

Segovia *et al.* (1992), señalan que entre 1930 y 1991, los trabajos genéticos dieron continuidad a un proceso para mejorar la producción y productividad del maíz en grano y que el énfasis de los nuevos programas de mejoramiento en éste rubro, deberían estar centrados en la selección de híbridos y variedades, con resistencia a enfermedades y plagas, adaptación a condiciones adversas y una mejor calidad de los productos.

Por su parte, Ramírez y Salazar (1992), realizaron un estudio en el estado Portuguesa para determinar las pérdidas de grano por manejo inadecuado en el período precosecha y durante la misma, señalando que se pierde 9,3% de la producción, mientras que en cosecha las pérdidas llegan hasta 10,3%. Los estados Portuguesa y Guárico son los principales productores de maíz, con una producción basada en materiales híbridos que superan en 100%, al promedio nacional (Cabrera *et al.*, 1997); no obstante, aún se siguen presentando problemas de baja productividad del cultivo.

En cuanto a la producción de semilla, Riccelli (1994) indica que en Venezuela existe una agroindustria sólida con apoyo del sector oficial y privado y con un servicio de investigadores y técnicos que ha permitido el desarrollo de materiales sobresalientes, enfatizando la armonía que durante 30 años se ha dado entre la agroindustria de semilla nacional, el organismo certificador y el usuario de la semilla, hecho que permitió que durante algunos años fuera tomado como ejemplo del desarrollo semillerista del continente. Para los últimos años la producción de semilla certificada de maíz, fue de aproximadamente 5 500 t (SENASA 2000).

Los objetivos de este trabajo estuvieron orientados a estudiar la incidencia de los híbridos blancos sembrados en los estados Portuguesa y Guárico, durante el año 2000, en términos de productividades físicas alcanzadas en los sistemas de producción de maíz en grano; estimar rentabilidades obtenidas por el uso de la semilla certificada; y estudiar las formas de organización de los productores de granos, para observar en que medida influye en sus rentabilidades.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación consistió en una evaluación de las características de los productores de granos de maíz (PGM) de los estados Portuguesa y Guárico, usuarios de la semilla certificada, analizando las respuestas que en términos de productividad ( $\text{kg h}^{-1}$ ) arrojaron los híbridos utilizados. Igualmente se compararon y estudiaron las formas de organización de los PGM de ambos estados.

Se seleccionaron los productores de maíz de los estados Portuguesa y Guárico, quienes para el año 1998 generaron el 62,10 % de la producción nacional de maíz y porque sus sistemas de producción eran diferentes, en cuanto a su organización y relación con la agroindustria. Los productores seleccionados fueron encuestados y la información recabada permitió hacer los análisis correspondientes.

En Portuguesa los PGM se agrupaban en 8 asociaciones de productores de maíz activas para el año 2000. Se seleccionaron ASOPORTUGUESA, FODACAM, ASOPRUAT y ANCA, por el peso relativo que dentro del conjunto representaban estas asociaciones al momento de la investigación, concentrando más del 88% de los PGM, y el 88,77% de la superficie bajo siembra. Se estratificó por número de asociados, seleccionando el 10% de la población para un total de 90 productores. En el estado Guárico, en la mayoría de los casos, la relación que predominaba entre los PGM era el convenimiento individual y directo con las empresas procesadoras de maíz para la elaboración de harina precocida. De este universo, de 402 productores que para el año 2000 habían suscrito contrato con REMAVENCA, también fue seleccionada el 10% de la población con criterio proporcional y aleatorio para obtener una muestra de 40 PGM, ordenados en cinco categorías, de acuerdo a la superficie bajo siembra.

Mediante las encuestas, en ambos estados, se determinó la superficie bajo siembra por tipo de híbrido, paquete tecnológico utilizado: clase de semilla utilizada, superficie bajo siembra, híbrido, densidad de siembra, mecanización y cosecha; rendimientos obtenidos y costos incurridos.

### Análisis de los datos

Para clasificar a los PGM, se empleó el análisis de componentes principales (ACP) a partir de las variables económicas (Humbert, 1987). En

el caso de las variables cuantitativas se verificó el supuesto que explicaba más del 70% de la variación total, señalado (Pla, 1986) y validado por Quevedo en 1991. A partir de las variables económicas seleccionadas en el ACP, se generó una matriz de distancia euclidiana, que permitió la conformación de grupos usando la metodología de la Clasificación Jerárquica Ascendente (CJA); para ambos procedimientos se utilizó el software Winstat v 1.0 (CIRAD-Francia).

En los análisis de costos, se estudió rendimiento *vs.*, variables económicas mediante el análisis de la prueba normal de “Z”, a partir de los grupos conformados en el CJA. En los PGM de Portuguesa se realizó la prueba “t” de Student para la comparación entre las asociaciones de productores. El análisis de datos cualitativos se realizó mediante un estudio interpretativo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La alta producción de maíz en grano en Venezuela refleja su importancia como uno de los principales cereales de la dieta diaria. El Cuadro 1 muestra las variaciones interanuales que presentan las variables superficie cosechada y producción promedio, para los últimos nueve años, donde se observa que son marcadamente erráticas, moviéndose en el caso de la superficie cosechada, dentro de los valores de -55,4 y 15,7% y para la producción desde -17,5 hasta 163,3%; mientras que los rendimientos promedios muestran una variación más estable, oscilando dentro de rangos uniformes, entre -1,7 y 12,6%. Ello demuestra que el uso de la semilla certificada de los híbridos de maíz, adoptados y producidos con moderna tecnología, han permitido mantener unos rendimientos dentro de rangos de variabilidad estrecha y estables.

La producción de maíz en grano en Venezuela se distribuye en casi todo el territorio nacional; no obstante, tal como se muestra en el Cuadro 2, durante el período 1990-1998, más del 50% de ella se concentró en los estados Portuguesa y Guárico, lo cual le dispensa a estas entidades un papel preponderante en la actividad económica regional (MAC, 2000).

Los estados Portuguesa y Guárico, han ocupado el primer y segundo lugar en la producción de este rubro. Los resultados obtenidos por los PGM, muestran el impacto tecnológico positivo que ha causado el uso de estos materiales genéticos, aunado a la correcta selección de áreas de

producción que presentan esas regiones en la producción cerealera. En este contexto se destaca la importancia de complementar el uso de semilla de buena calidad con las prácticas agronómicas adecuadas al híbrido utilizado. Al efecto se muestra a continuación la situación que presenta el estado Portuguesa en la producción de granos.

**CUADRO 1.** Variaciones cuantitativas de la producción de maíz en Venezuela durante el período 1990-1998.

| Año  | Sup.<br>Cosechada<br>(ha) | Var.<br>Interanual<br>(%) | Producción<br>(Tm.) | Var.<br>Interanual<br>(%) | Rend.<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Var.<br>Interanual<br>(%) |
|------|---------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| 1990 | 1 002 248                 | -                         | 462 401             | -                         | 2 168                           | -                         |
| 1991 | 1 024 589                 | 2,2                       | 448 081             | -3,1                      | 2 287                           | 5,5                       |
| 1992 | 844 301                   | -17,6                     | 374 247             | -1,6                      | 2 556                           | 12                        |
| 1993 | 376 976                   | -55,4                     | 987 784             | 163                       | 2 620                           | -2,5                      |
| 1994 | 384 510                   | 2,00                      | 1 094,495           | 10,80                     | 2 846                           | 8,63                      |
| 1995 | 415 207                   | 7,98                      | 1 166,732           | 6,60                      | 2 810                           | -1,26                     |
| 1996 | 365 990                   | -11,85                    | 1 033,292           | -11,44                    | 2 823                           | 0,46                      |
| 1997 | 423 557                   | 15,73                     | 1 199,219           | 16,06                     | 2 831                           | 0,28                      |
| 1998 | 354 958                   | -16,20                    | 989 121             | -17,45                    | 2 789                           | -1,48                     |

Fuente: Dirección de Estadística e Informática. MAC 2000.

### Productores de grano de maíz en el estado Portuguesa

Como resultado del nivel tecnológico de sus productores y el grado de organización técnica colectiva para realizar esta actividad económica, el estado Portuguesa con 35% de la producción nacional de maíz para 1998, ha sido el principal productor en Venezuela. La mayoría de sus agricultores se encuentran agrupados en ocho asociaciones regionales de productores, lo cual facilita la oportuna adquisición de insumos, asesoramiento técnico para el uso eficiente de los recursos productivos y garantiza la colocación de la cosecha en óptimas condiciones de negociación.

**CUADRO 2.** Participación de los estados Portuguesa y Guárico en la producción de maíz en Venezuela (1990-1998).

| <b>Año</b> | <b>Producción<br/>Total<br/>Nacional<br/>(t.)</b> | <b>Producción<br/>Total<br/>Portuguesa<br/>(t.)</b> | <b>%</b> | <b>Producción<br/>Total<br/>Guárico<br/>(t.)</b> | <b>%</b> |
|------------|---|---|----------|--|----------|
| 1990       | 1 002 485   | 239 420   | 24       | 298 272  | 30       |
| 1991       | 1 024 589   | 285 000   | 28       | 244 706  | 24       |
| 1992       | 844 301   | 226 235   | 27       | 159 173  | 19       |
| 1993       | 987 784   | 288 375   | 29       | 187 745  | 19       |
| 1994       | 1 094 495   | 231 840   | 21       | 261 139  | 24       |
| 1995       | 1 166 732   | 360 170   | 31       | 309 631  | 27       |
| 1996       | 1 033 292   | 342 289   | 33       | 223 289  | 22       |
| 1997       | 1 199 219   | 373 241   | 31       | 225 036  | 19       |
| 1998       | 989 971   | 345 258   | 35       | 262 336  | 27       |

Fuente: dirección de Estadística e Información MAC, 2000.

El Cuadro 3 muestra los rangos mínimo y máximo de las variables económicas, en Bs ha<sup>-1</sup>, relacionadas con el proceso de producción de los productores de granos de las asociaciones encuestadas para el período de lluvias 1999-2000.

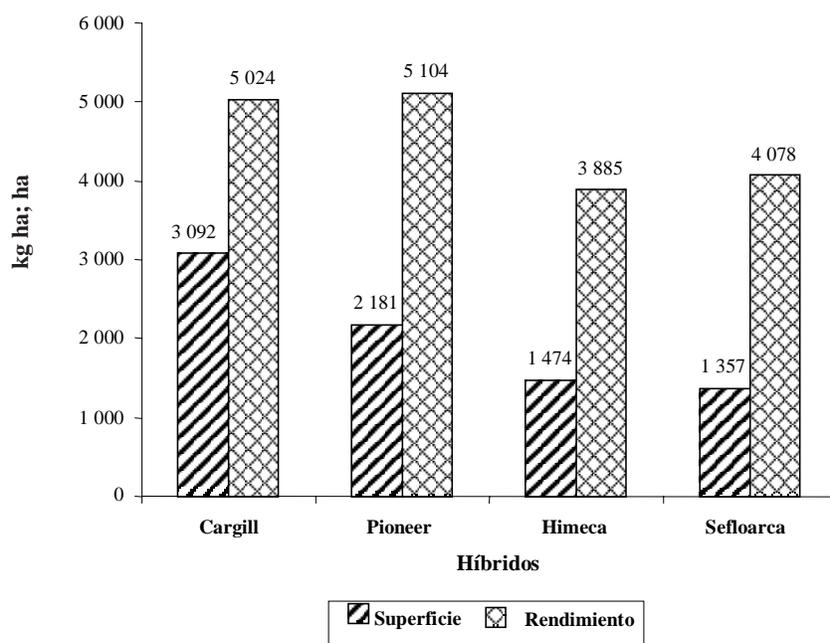
Los rendimientos exhibidos en Portuguesa para los diferentes híbridos evaluados variaron entre el 3 961 para ASOPRUAT y 4 826 kg ha<sup>-1</sup> para ASOPORTUGUESA. Los costos promedios de los productores pertenecientes a este grupo de asociaciones, no indicaron diferencias significativas, aún cuando los pertenecientes a la asociación ANCA fueron los menores, diferenciándolos del resto de las asociaciones, presumiblemente porque esta asociación compra las semillas a un precio menor y lo vende a sus afiliados a un precio más bajo (de acuerdo a los datos proporcionados en las encuestas realizadas). En relación con los ingresos, tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas entre las asociaciones; siendo los productores de ASOPORTUGUESA los más favorecidos. En cuanto a los beneficios promedios, los más altos correspondieron a los productores de ASOPORTUGUESA y ANCA, por su relación de mayores ingresos a menores costos; pero con diferencias estadísticamente significativas entre esas asociaciones y las representadas por ASOPRUAT y FODACAM.

**CUADRO 3.** Costos, ingresos y beneficios de los productores de granos de maíz afiliados a diversas asociaciones en el sistema de producción del estado Portuguesa (1999-2000).

|   | Asociaciones de Productores |              |               |              |
|---|-----------------------------|--------------|---------------|--------------|
|   | ASOPORTUGUESA               | ASOPRUAT     | FODACAM       | ANCA         |
| <b>Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)</b> |                             |              |               |              |
| Promedio                                | 4 826,00                    | 3 961,00     | 4 306,00      | 4 181,00     |
| <b>Costos (Bs ha<sup>-1</sup>)</b>      |                             |              |               |              |
| Máximo                                  | 482 869,00                  | 519 045,00   | 457 606,90    | 410 490,20   |
| Mínimo                                  | 276 575,00                  | 313 000,00   | 320 960,90    | 164 450,20   |
| Promedio                                | 381 577,33                  | 381 860,88   | 370 721,78    | 341 290,13   |
| Desviación Estándar ±                   | 57 293,90                   | 62 326,35    | 44 586,93     | 179 484,21   |
| <b>Ingresos (Bs ha<sup>-1</sup>)</b>    |                             |              |               |              |
| Máximo                                  | 1 075 860,00                | 873 588,00   | 845 724,00    | 1 015 686,00 |
| Mínimo                                  | 348 300,00                  | 365 483,00   | 216 967,00    | 387 803,00   |
| Promedio                                | 747 084,00                  | 600 266,00   | 632 366,00    | 649 337,00   |
| Desviación Estándar ±                   | 217 170,00                  | 159 967,00   | 215 161,00    | 157 298,00   |
| <b>Beneficios (Bs ha<sup>-1</sup>)</b>  |                             |              |               |              |
| Máxima                                  | 583 842,00                  | 155 466,00   | 449 009,00    | 636 281,00   |
| Mínimo                                  | 71 725,00                   | 52 483,00    | -105 583,00   | 79 498,00    |
| Promedio                                | 365 507,00 a                | 218 405,00 b | 265 277,00 ab | 334 304,00 a |
| Desviación Estándar ±                   | 172 953,00                  | 106 717,00   | 178 828,00    | 130 754,00   |
| <b>Número de afiliados encuestados</b>  | <b>12</b>                   | <b>8</b>     | <b>12</b>     | <b>58</b>    |

Letras distintas dentro de las filas indican diferencias significativas, según Prueba de Tukey (MDSH) al nivel de P= 0,05

Respecto a la superficie de siembra, con híbridos nacionales y foráneos (Figura 1), las encuestas indicaron que en el estado Portuguesa, éstas variaron sustancialmente, así como el rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) mostrado por los diferentes materiales.



**FIGURA 1.** Superficie sembrada ( $\text{ha}$ ) y rendimientos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de los híbridos nacionales y foráneos de maíz de las cuatro empresas productoras de semillas sembradas en el estado Portuguesa.

Los híbridos de las transnacionales Cargill y Pioneer ocuparon la mayor área de siembra; aunque también fueron representativas las siembra de los híbridos nacionales Himeca y Sefloarca, en donde todas usaron semillas certificadas, lo cual demuestra el conocimiento que tiene los productores de granos en ésta entidad federal sobre el potencial agrícola de los materiales señalados se destacan los rendimientos promedios de esos materiales y la información obtenida indica que los híbridos de las empresas Pioneer y Cargill, presentaron los mayores rendimientos, al

superar en más de 1 000 kg ha<sup>-1</sup> a los de las empresas Sefloarca e Himeca, aún cuando los rendimientos obtenidos por estas dos últimas empresas también fueron considerables. Estos resultados demuestran el impacto del mejoramiento genético y el uso de tecnología de semillas apropiada sobre la productividad del sistema de producción de Portuguesa.

### Productores de grano de maíz en el estado Guárico

El estado Guárico es el segundo productor de maíz en grano con 27% de producción, para el año 1998, y a diferencia de Portuguesa, la mayoría de sus PGM realizan sus actividades técnicas, económicas y financieras de manera individual. El Cuadro 4 muestra un análisis de los costos de producción, ingresos y beneficios promedios de estos productores.

**CUADRO 4.** Costos, ingresos y beneficios promedios de los productores de maíz en grano del estado Guárico.

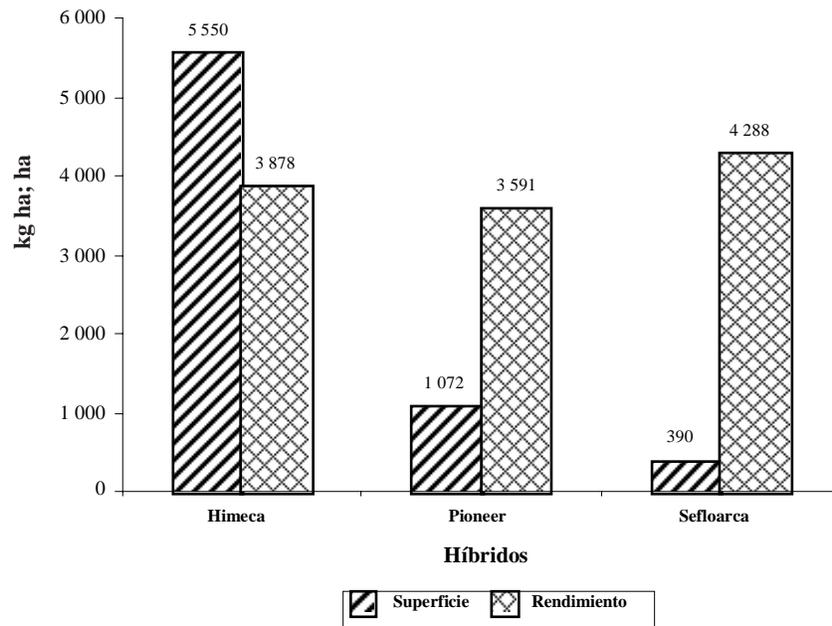
|   |            |
|---|------------|
| <b>Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)</b> |            |
| Promedio                                | 3 851,00   |
| <b>Costos (Bs ha<sup>-1</sup>)</b>      |            |
| Máximo                                  | 447 179,00 |
| Mínimo                                  | 239 775,00 |
| Promedio                                | 349 135,80 |
| Desviación Estándar ±                   | 50 820,53  |
| <b>Ingresos (Bs ha<sup>-1</sup>)</b>    |            |
| Máximo                                  | 813 904,00 |
| Mínimo                                  | 259 930,00 |
| Promedio                                | 597 664,93 |
| Desviación Estándar ±                   | 180 893,63 |
| <b>Beneficios (Bs ha<sup>-1</sup>)</b>  |            |
| Máximo                                  | 492 902,00 |
| Mínimo                                  | -73 636,00 |
| Promedio                                | 248 529,13 |
| Desviación Estándar ±                   | 171 344,50 |
| <b>Número de afiliados encuestados</b>  | <b>40</b>  |

Allí se observa que los costos de producción, ingresos y beneficios promedios de estos productores, son similares a los de ANCA en Portuguesa, pero los costos máximos están cercanos a los máximos de FODACAM y los mínimos se corresponden a los mínimos de ASOPORTUGUESA, lo cual demuestra un escenario de menor tecnología y aptitud agrícola que en Portuguesa. En general, pese a que sus costos fueron ligeramente menores a los de Portuguesa, los ingresos y beneficios también fueron bajos y más aún, algunos agricultores presentaron pérdidas, debido a que las condiciones agroecológicas son menos favorables para el desarrollo del cultivo, en términos de suelo pobres y distribución pluviométrica poco favorable durante el año.

La Figura 2 muestra que la mayor superficie de siembra en esta entidad federal fue realizada con los híbridos nacionales Himeca y contrariamente a lo señalado en el estado Portuguesa, en el estado Guárico se encontraron muy pequeñas proporciones de siembra de los híbridos de Pioneer y Sefloarca con cero datos de siembra de los híbridos foráneos de Cargill. Respecto a la productividad de los materiales sembrados en el estado Guárico, destacan los híbridos de la empresa Sefloarca con los mayores valores, 4 288 kg ha<sup>-1</sup>; mientras que los de Pioneer e Himeca estuvieron bastante alejados de los anteriores pero siempre por encima de la media nacional.

### **Características asociativas entre los productores de granos de maíz (PGM) en los estados Portuguesa y Guárico**

El ACP para los 130 productores estudiados, permitió seleccionar 6 variables, que explicaron estadísticamente la variabilidad de los costos de producción de los productores de granos de maíz. Estas variables fueron los costos por semilla, fertilizantes, labores mecánicas, mano de obra, cosecha y transporte (Cuadro 5). Los resultados identificaron 3 CP con capacidad de explicar en más del 75% la variación total. De esta manera, 35,21% fue aportado por el primer componente (CP1), donde hubo mayor contribución sobre los costos de las variables fertilización, labores mecánicas y cosecha, porque estas actividades requieren la utilización de maquinarias y por lo tanto sus costos son asociados; el segundo componente (CP2) con 22,16% estuvo dado por mano de obra, semilla y cosecha, probablemente porque esta última actividad se realice de forma manual y el tercer componente (CP3) con 17,82%, quedó determinado por el transporte y mano de obra, que presentaron la mayor contribución a los costos incurridos por los productores.



**FIGURA 2.** Superficie sembrada (ha) y rendimientos (kg ha<sup>-1</sup>) de los híbridos nacionales y foraneos demaíz de las cuatro empresas productoras de semillas sembradas en el estado Guárico.

Las variables más correlacionadas entre sí fueron costos de semilla y fertilizantes Figura 3, lo cual resulta lógico al considerar que la siembra de semilla híbrida certificada requiere una adecuada aplicación de fertilizantes, aumentando así los costos por ese concepto; sin embargo, fue evidente la influencia que tuvo la aplicación adecuada del mismo, en la expresión del potencial genético del híbrido utilizado.

El mayor porcentaje del CP1 está explicado por los costos de fertilización y las labores mecánicas (56%), lo que indica su carácter netamente tecnológico, el CP2, está dado por los costos de mano de obra (39%), donde tiene mayor peso el factor humano y el CP3 está muy influenciado por el costo de transporte (63%).

**CUADRO 5.** Contribución de cada variable estudiada sobre los costos (Bs ha<sup>-1</sup>) de los productores de granos de maíz en la conformación de los componentes principales.

| Componente | Variables | Semilla | Fertilizantes | Labores Mecánicas | Mano de Obra | Cosecha | Transporte |
|------------|-----------|---------|---------------|-------------------|--------------|---------|------------|
|            |           | 1       | 16,03         | 30,26             | 26,11        | 0,07    | 24,98      |
| 2          | 17,78     | 10,07   | 4,24          | 39,33             | 15,60        | 12,97   |            |
| 3          | 0,06      | 0,98    | 7,46          | 26,46             | 1,60         | 63,43   |            |

Al realizar el análisis de clasificación jerárquica ascendente (CJA) se logró agrupar a los 130 productores de maíz en 7 grupos distintos (Cuadro 6), lo cual refleja la brecha que existe entre los PGM de las 2 entidades analizadas en lo que respecta a las variables estudiadas. Se puede observar una clara separación entre los PGM del estado Portuguesa y los del estado Guárico, ya que coinciden en pocos grupos y variables (Cuadro 6).

Los 90 productores estudiados del estado Portuguesa se distribuyeron en los grupos I, II, III, IV y VII y los del estado Guárico, en los grupos V y VI, a excepción de un productor de esa entidad que se ubicó con productores de Portuguesa en el grupo III.

## CONCLUSIONES

- Con los resultados de este estudio se pudo concluir que, en Portuguesa la integración gremial de los productores en asociaciones, es un factor que probablemente les confiere mayor rentabilidad, porque mejora su poder de negociación al adquirir semilla certificada y otros insumos a menor costo, y luego colocar la producción del grano a mejor precio del mercado, en comparación con los productores de maíz en Guárico, quienes realizan estas operaciones en forma individual.

**CUADRO 6.** Agrupación de los 130 productores de granos de maíz del estado Portuguesa y Guárico en base a los costos de cada una de las variables del paquete tecnológico utilizado.

| Grupo | PSM ♦   | SEM        | FER        | CPE        | CMAL       | LMEC       | MO         | TRAN       | CAP        | COS        |
|-------|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| I     | 31  | 51 700**   | 55 600N.S. | 12 602N.S. | 32 036N.S. | 60 00N.S.  | 30 153N.S. | 23 987 *   | 36 718N.S. | 19 754N.S. |
| II    | 22 y 27   | 50 525 **  | 55 600N.S. | 17 608N.S. | 27 018N.S. | 43 350N.S. | 30 153N.S. | 94 805N.S. | 36 718N.S. | 72 850N.S. |
| III   | 2,3,5,6,7,8,9,<br>10,11,12,106  | 33 452N.S. | 76 314N.S. | 24 243N.S. | 32 793N.S. | 48 473N.S. | 10 865 **  | 63 960N.S. | 33 632N.S. | 54 698N.S. |
| IV    | 1 y 14  | 33 674N.S. | 128 430 ** | 26 389N.S. | 39 508N.S. | 61 000N.S. | 16 168N.S. | 72 540N.S. | 34 210N.S. | 89 040 *   |
|       | 91,92,93,94,<br>95,96,97,98,<br>99,100,101,<br>102,103,104,<br>105,107,108,<br>109,110,111,<br>113,114,117<br>118,119,121<br>122,124,125,<br>126,127<br>128,130 |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| V     |   | 29 9N.S.   | 84 101N.S. | 21 426N.S. | 16 771N.S. | 87 706N.S. | 25 493N.S. | 63 990N.S. | 21 510N.S. | 43 683N.S. |
| VI    | 112,115,116,<br>120,123,129,  | 25 440N.S. | 82 101N.S. | 24 183N.S. | 13 758N.S. | 21 333N.S. | 24 957N.S. | 67 978N.S. | 0N.S.      | 18 500N.S. |

./... continúa

... continuación CUADRO 6.

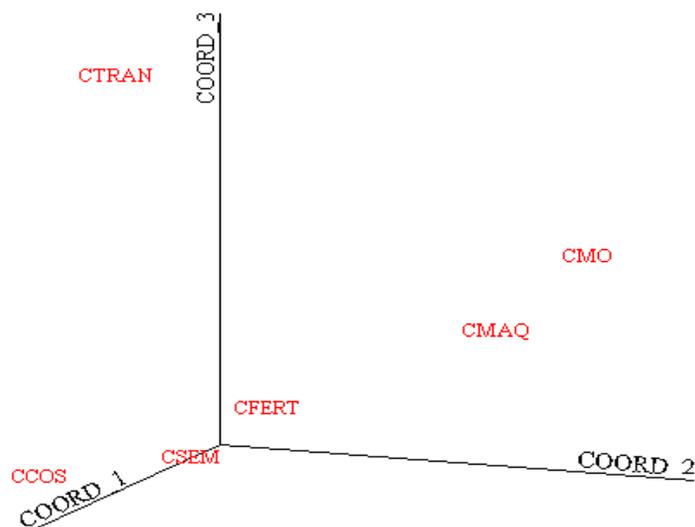
| Grupo         | PSM ♦          | SEM        | FER        | CPE        | CMAL        | LMEC       | MO         | TRAN       | CAP        | COS        |
|---------------|----------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|               | 4,13,15,16,17, |            |            |            |             |            |            |            |            |            |
|               | 18,19,20,21,   |            |            |            |             |            |            |            |            |            |
|               | 23,24,25,26,   |            |            |            |             |            |            |            |            |            |
|               | 28,29,30,32,   |            |            |            |             |            |            |            |            |            |
|               | 33,34,35,36,   |            |            |            |             |            |            |            |            |            |
|               | 37,38,39,40,   |            |            |            |             |            |            |            |            |            |
|               | 41,42,43,44,   |            |            |            |             |            |            |            |            |            |
|               | 45,46,47,48,   |            |            |            |             |            |            |            |            |            |
|               | 49,50,51,52,   |            |            |            |             |            |            |            |            |            |
| VII           | 53,54,55,56,   | 21 349N.S. | 45 157N.S. | 17 611N.S. | 27 85 1N.S. | 49 341N.S. | 25 367N.S. | 49 470N.S. | 24 487N.S. | 52 721N.S. |
|               | 57,58,59,60,   |            |            |            |             |            |            |            |            |            |
|               | 61,72,63,64,   |            |            |            |             |            |            |            |            |            |
|               | 65,66,67,68,   |            |            |            |             |            |            |            |            |            |
|               | 69,70,71,72,   |            |            |            |             |            |            |            |            |            |
|               | 73,74,75,76,   |            |            |            |             |            |            |            |            |            |
|               | 77,78,79,80,   |            |            |            |             |            |            |            |            |            |
|               | 81,82,83,84,   |            |            |            |             |            |            |            |            |            |
|               | 85,86,87,88,   |            |            |            |             |            |            |            |            |            |
|               | 89,90          |            |            |            |             |            |            |            |            |            |
| Media General |                | 25 619     | 60 896     | 19 541     | 25 005      | 57 883     | 24 122     | 63 990     | 21 510     | 43 683     |

♦ = Número asignado a cada productor en la encuesta.

N.S. = No significativo

\* = significativo al 5%

\*\* = Significativo al



**FIGURA 3.** Correlación de variables obtenidas del análisis de componentes principales (ACP) para 130 PGM de los estados Portuguesa y Guárico.

- En el estado Portuguesa la mayor superficie de siembra de maíz, fue realizada con híbridos de las empresas transnacionales Pioneer y Cargill, cuyos rendimientos superaron en más de 1 000 kg ha<sup>-1</sup> a los obtenidos por los de las empresas nacionales, contrariamente a lo ocurrido en el estado Guárico donde los híbridos de Pioneer presentaron marcados valores inferiores al 50% de los alcanzados en Portuguesa y sin datos de siembra por parte de la transnacional Cargill. Mientras que en el estado Guárico, la mayor superficie de siembra fue realizada con semilla de los híbridos de Himeca, producidos por Prosevenca, Sehiveca y Seminaca, aunque los mayores rendimientos fueron logrados por los híbridos de Sefloarca.
- La evaluación de las tecnologías aplicadas a los procesos de producción granos de maíz, refleja que el mejoramiento genético debe articularse con una adecuada tecnología de semillas y eficiente manejo agronómico, para garantizar los beneficios económicos del productor de grano.

## SUMMARY

The development and use of new maize cultivars have increased the productivity and rentability of corn growers nationwide. The objectives of this research were to: evaluate the contribution of certified maize seed (CMS) to the productivity of corn production systems of Portuguesa and Guarico States during the growing season of the year 2000; estimate the influence of CMS upon crop rentability; and evaluate the roles played by growers' associations on the negotiations with seed and other inputs suppliers. Ninety maize growers of Portuguesa and 40 of Guarico were surveyed. Quantitative variables were evaluated by using Principal Components Analysis (PCA) and the Upward Hierarchical Classifications (UHC). For qualitative variables, descriptive analyses were used. Results showed that in Guarico the largest percentage of planted seed belonged to transnational companies, Pioneer and Cargill, with productivity 1 000 kg ha<sup>-1</sup> higher than the obtained by hybrids of national seed companies. In contrast, at Guarico locations, the yields of the hybrids to Seflorca and Himeca national seed companies were significantly higher than those of Pioneer. The main role of Portuguesa growers' associations was to strengthen producers' negotiation power with seed and inputs suppliers, as opposed to individual actions of Guarico maize growers. The PCA for the 130 growers studied found that six variables: seed price, fertilizer, farming practices, labor, harvesting and transporting, accounted for 75% of the total variance (TV) for production costs. These variables were clustered in three principal components (PC1, 2 and 3), in which the CP1 formed by fertilizer, farming practices, and harvesting, accounted for 35.21.5% of TV; CP2 conformed by labor and harvest accounted for 22.12% of TV; and CP3 represented labor and transporting, accounted for 17.82% of TV. The UHC identified five groups for the 90 Portuguesa growers, and two for the Guarico growers; interestingly, one Guarico grower was included in the Portuguesa groups, because his farming profile fitted that location rather than the Guarico patterns.

**Key Words:** Maize; grain; *Zea mays* L.; producers organizations; yield, cost; benefit.

## BIBLIOGRAFÍA

BEJARANO, A., V. SEGOVIA, N. ROSALES y H. MORENO. 1984. Formación, pruebas y descripción del híbrido doble de maíz CENIAP PB-8. Aragua (Venezuela). *Agronomía Trop.* 34(1-3):95-109.

CABRERA, S., C. MARÍN, P. ROMERO, L. HERNÁNDEZ, F. MORILLO y C. SÁNCHEZ. 1997. Revista Investigación Agrícola. Vol. 2 [Online: <http://redpav-fpolar.info.ve/danac/volumen2/art4/index.html>]. Revisado el 03/05/01.

GONZÁLEZ, C. 2000. Distribución geográfica y producción nacional. Estadísticas sobre la producción de maíz. **In:** Maíz en Venezuela. comp. H. Fontana y C. González. Fundación Polar, Caracas-Venezuela. 530 p.

GONZÁLEZ, N. y E. LÓPEZ E. 1980. Algunos problemas de la producción de semilla de maíz. **In:** Reunión de Maiceros de la Zona Andina, 9° Aragua (Venezuela), Memorias. Maracay. p. 430-38.

HUMBERT, L. J. 1987. Assignment methods in combinatorial data analysis. Marcel Dekker. New York. 326 pp.

MALAGUTI, G. 1993. Principales enfermedades del maíz en el área andina. **In:** Experiencias en el cultivo del maíz en el área andina, IICA-PROCIANDINO. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Volumen II. 56 p.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y CRÍA (MAC). 2000. Dirección de Estadística e Informática. Anuario Estadístico.

PLA, L. E. 1986. Análisis multivariado: Método de componentes principales. OEA, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington D. C. USA. 93 p.

QUEVEDO, R. 1991. Una metodología para el estudio de las fincas. El caso de las fincas lecheras del estado Yaracuy. Trabajo para optar al título de Doctorado en Ciencias Agrícolas. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. p. 340.

RAMÍREZ, Y. y P. SALAZAR. 1992. Determinación de pérdidas en la cosecha mecanizada de maíz. **In:** Festival Nacional del Maíz, I Jornada Científica. Portuguesa (Venezuela), Sept. 9 al 13, 1992. Resúmenes, Guanare. p. 51-52.

RICCELLI, M. 1994. El mejoramiento genético local como factor fundamental para la adaptación de nuevas variedades de plantas a nuestro ambiente. (Venezuela). Diario El Universal, Caracas, agosto 13. p. 4.

SEGOVIA, V., T. COELLO, F. FUENMAYOR y A. BEJARANO. 1992. Papel de la semilla mejorada de maíz en Venezuela. **In:** Festival Nacional del Maíz, I Jornada Científica. Portuguesa (Venezuela), Sept. 9-13, 1992. Resúmenes. Guanare. p.16-17.

SERVICIO NACIONAL DE SEMILLAS (SENASA). 2000. Registro de información sobre semilla certificada de maíz blanco, superficie, producción y rendimiento. Material bibliografiado. Maracay. 7 p.

VIELMA, M. 1996. Caracterización de la industria de harina precocida de maíz en Venezuela. Trabajo de Ascenso a la Categoría de Agregado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 140 p.

## CONTROL QUÍMICO DE MALEZAS EN MAÍZ EN UN SISTEMA DE SIEMBRA DIRECTA

Petra M. García\* y José Mejía\*\*

### RESUMEN

Para evaluar la eficacia y período de control de malezas de dos herbicidas (Hb) presiembra, cinco preemergente y dos postemergente en el cultivo de maíz, *Zea mays* L., en siembra directa, se estableció un ensayo, con el híbrido blanco (Himeca 2000) en la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Con diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, se evaluaron los tratamientos de paraquat + diuron, paraquat + diuron + acetocloro + fluorocloridona, paraquat + diuron + metolacoloro, paraquat + diuron + pendimetalin + atrazina, paraquat + diuron + nicosulfuron + atrazina, paraquat + diuron + nicosulfuron + bentazon + MCPA, glifosato trimesio, glifosato trimesio + acetocloro + fluorocloridona, glifosato trimesio + metolacoloro, glifosato trimesio + pendimetalin + atrazina, glifosato trimesio + nicosulfuron + atrazina, glifosato trimesio + nicosulfuron + bentazon + MCPA. Estos fueron aplicados (200 l ha<sup>-1</sup>) con equipo de presión constante a base de CO<sub>2</sub>. Las variables evaluadas en las malezas por especie fueron índice de control visual y peso seco, en el maíz, fitotoxicidad, peso seco de plantas y rendimiento. Los resultados indican que los Hb presiembra proporcionaron similar e insuficiente control de malezas gramíneas y hoja ancha, sin embargo, glifosato trimesio produjo un mejor control de *Cyperus rotundus*, haciéndose necesaria la aplicación de Hb postemergentes para lograr completo control. Los Hb preemergentes usados en mezclas con los presiembra, no ofrecieron satisfactorio control de malezas. El peso seco total de malezas, se correlacionó negativamente con el rendimiento del maíz, presentándose los más altos rendimientos, cuando se utilizaron los Hb postemergentes en secuencia con cualquiera de los Hb presiembra.

**Palabras Clave:** Herbicidas; malezas; maíz; siembra directa; *Zea mays* L.

---

1 Tesis de Grado Magister Scientarum en Agronomía, financiada por Fundacite Aragua y Syngenta.

\* Investigadora. INIA. Estación Experimental Miranda. Apdo. 1246. Calle El Placer. Frente al Hospital H.R. Saldivia, Caucagua, estado Miranda. Venezuela. E-mail: gpetra@inia.gov.ve

\*\* Profesor. Universidad Central de Venezuela (UCV). Facultad de Agronomía. Venezuela.

RECIBIDO: abril 11, 2005.

## INTRODUCCIÓN

La siembra directa (SD) es una tecnología que se genera en un entorno de sistema agrícola conservacionista, como una reacción al impacto económico y ambiental de las prácticas tradicionales de laboreo del suelo. Está concebida, como la siembra de un cultivo sobre una cobertura vegetal muerta y sólo fue posible con el desarrollo reciente de equipos capaces de sembrar en todas condiciones y la creación de herbicidas (Hb) aptos para controlar las malezas y permitir el desarrollo y producción del cultivo.

El maíz, *Zea mays* L., renglón principal de la revolución verde, ha sido, el cultivo de mayor experimentación y siembra comercial bajo los sistemas de labranza conservacionistas específicamente de SD. En el trópico, donde los agentes erosivos son más agresivos y los suelos son susceptibles a la degradación, la SD es un sistema de amplio futuro. Sin embargo, las malezas constituyen una de las principales limitantes para la expansión de la SD en Venezuela y su control es de primerísima importancia.

Los Hb, constituyen una herramienta indispensable para el manejo de las malezas en sistemas conservacionistas y su conocimiento es una alternativa para usarlos racionalmente. En este sentido, Triplett (1985), observó una menor persistencia de la simazina en SD que en labranza convencional (LC) y sugiere que una de las razones fue la adsorción del Hb por los residuos orgánicos.

Mejía (1995), señala que el manejo de las malezas en un sistema de SD puede realizarse en tres etapas: a) Al momento de la siembra, b) cultivo establecido c) antes de la cosecha. Al momento de la siembra, el Hb utilizado preferentemente debe ser no selectivo y pueden mezclarse con Hb preemergentes. En EE.UU, se han usado con bastante éxito, mezclas de paraquat o de glifosato con Hb residuales, controlando gramíneas anuales y malezas de hoja ancha (AENCISO, 1989). Triplett (1985), menciona que las malezas de hoja ancha perennes generalmente no son controladas por dosis normales de triazinas. Las aplicaciones de las triazinas solas o combinadas con paraquat, suprimen estas malezas por corto tiempo. El efecto del paraquat muestra mayor eficiencia cuando se mezcla con productos inhibidores de la fotosíntesis, como la atrazina (Muñoz, 1991).

En sus trabajos, Dicks (1986), señala que las cloroacetanilidas, además de efectuar un buen control de malezas gramíneas, controlan una cantidad limitada de malezas de hoja ancha, lo que ha conducido a mezclarlos con otros Hb para aumentar el espectro. En el caso de las malezas establecidas se aplican Hb postemergentes selectivos (Mejía, 1995), tales como el nicosulfuron que puede ser mezclado con otros Hb como las atrazinas, bentazon, bentazon + MCPA, 2,4 D, etc.

Evans *et al.* (1989) indicaron que el control de *Sorghum halepense* de semillas y rizomas fue incrementado de 33 a 45% y de 45 a 70%, respectivamente, cuando la atrazina fue adicionada al nicosulfuron. Mejía y Yépez (1994), establecieron que la adición de atrazina, cianazina, bentazon + MCPA o 2,4 D a la mezcla en i.a de 30 g ha<sup>-1</sup> de nicosulfuron mejoraron significativamente el control de *Aldama dentata*, *Parthenium hysterophorus*, *Acalypha alopecuroides* e *Ipomoea tiliacea*. Sin embargo, en postemergencia el uso de atrazina y cianazina ha sido limitado, ya que para un control efectivo de malezas se requiere que estas se encuentren en las primeras etapas de desarrollo y que presenten condiciones de crecimiento favorable (Nalewaja *et al.*, 1991).

Por otra parte, se ha sugerido que la adición de las triazinas a la mezcla con nicosulfuron y otros Hb de las sulfonilureas puede ocasionar una disminución en el control de malezas (Rosales, 1993). Este trabajo pretende evaluar la eficacia y período de control de malezas de dos Hb presiembra, cinco preemergentes y dos postemergentes y sus mezclas, para el control de malezas en el cultivo de maíz.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el Campo Experimental del Departamento de Ingeniería Agrícola de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, en Maracay, municipio Girardot, estado Aragua. El suelo es clasificado como Fluventic Haplustolls Francosa Fina, Mixta, Isopertérmica de la serie Maracay, registrándose temperaturas medias entre 23,3 y 26,2 °C. Los máximos valores de temperatura media se observan en los meses de abril y mayo, y los meses más fríos son de diciembre a enero, la precipitación media anual es de 961 mm, evapotranspiración media de 1.754,2 y con una humedad relativa de 75% (Márquez, 1989).

Para este fin se usó un diseño de bloques al azar. La unidad experimental de cuatro hileras de 7,00 m separadas a 0,90 m para un área efectiva de muestreo de 12,6 m<sup>2</sup> y área total del ensayo de 1 209,6 m<sup>2</sup>. Para la siembra se utilizó una sembradora abonadora John Deere 7 240, la densidad de siembra aproximada fue de 66 667 plantas ha<sup>-1</sup>, utilizándose un híbrido blanco, Himeca 2000. Se realizó análisis de suelo y basándose en los resultados, la fertilización fue efectuada al momento de la siembra, utilizando la misma sembradora abonadora 300 kg ha<sup>-1</sup> de fórmula completa (15-15-15). Posteriormente a los 30 y 42 días después de la siembra (DDS), se realizó un reabono con urea (100 kg ha<sup>-1</sup>) y fertilizante foliar (3 l ha<sup>-1</sup>) respectivamente. Los tratamientos se presentan en el Cuadro 1.

**CUADRO 1.** Tratamientos evaluados en el ensayo.

| Tratamientos                                       | Dosis de<br>i.a (g ha <sup>-1</sup> ) (1) | Dosis de<br>(1 Pc ha <sup>-1</sup> ) (2) |
|--|---|--|
| 1.- paraquat + diuron (presiembr)                  | 600                                       | 2  |
| 2.- paraquat + diuron (presiembr)                  | 600                                       | 2  |
| +acetocloro+fluorocloridona (preemergente)         | + 1 350 + 375                             | + 1,5 + 1,5                              |
| 3.- paraquat + diuron (presiembr)                  | 600                                       | 2  |
| + metolacoloro (preemergente)                      | + 2 160                                   | + 3                                      |
| 4.- paraquat + diuron (presiembr)                  | 600                                       | 2  |
| + pendimetalin + atrazina (preemergente)           | + 1 320 + 1 500                           | + 4 + 3                                  |
| 5.- paraquat + diuron (presiembr)                  | 600                                       | 2  |
| + nicosulfuron + atrazina (postemergente)          | + 30 + 1 000                              | + 0,75 + 2                               |
| 6.- paraquat + diuron (presiembr)+ nicosulfuron    | 600                                       | 2  |
| + bentazon + MCPA (postemergente)                  | + 30 + 1 150                              | + 0,75 + 2,5                             |
| 7.- glifosato trimesio (presiembr)                 | 960                                       | 2  |
| 8.- glifosato trimesio (presiembr)                 | 960                                       | 2  |
| + acetocloro+fluorocloridona (preemergente)        | + 1 350 + 375                             | + 1,5 + 1,5                              |
| 9.- glifosato trimesio (presiembr)                 | 960                                       | 2  |
| + metolacoloro (preemergente)                      | + 2 160                                   | + 3                                      |
| 10.- glifosato trimesio (presiembr)                | 600                                       | 2  |
| + pendimetalin + atrazina (preemergente)           | + 1 320 + 1 500                           | + 4 + 3                                  |
| 11.- glifosato trimesio (presiembr)                | 600                                       | 2  |
| + nicosulfuron + atrazina (postemergente)          | + 30 + 1 000                              | + 0,75 + 2                               |
| 12.- glifosato trimesio (presiembr) + nicosulfuron | 600                                       | 2  |
| + bentazon + MCPA (postemergente)                  | + 30 + 1 150                              | + 0,75 + 2,5                             |

(1) Gramos de ingrediente activo. hectárea<sup>-1</sup>

(2) Producto comercial . hectárea<sup>-1</sup>

De ellos el paraquat + diuron y glifosato trimesio se aplicaron sobre una población mixta de malezas antes de la siembra. En los tratamientos 2, 3, 4, 8, 9 y 10 se realizaron mezclas de tanque entre los Hb presiembra y preemergentes y en los tratamientos 5, 6, 11 y 12, una vez aplicados los Hb presiembras, se esperaron 16 d para que ocurriera una nueva generación de malezas en donde se suministraron las mezclas de tanque postemergentes de nicosulfuron + atrazina y nicosulfuron + bentazon + MCPA. Los tratamientos 1 y 7, consistieron de Hb presiembra. La aplicación de los tratamientos se realizó con un equipo de presión constante basado en CO<sub>2</sub>, equipado con boquillas de abanico tipo Lumark F110-02 y calibrado para aplicar 200 l ha<sup>-1</sup> de Hb. Las variables de cultivo evaluadas fueron:

**Fitotoxicidad:** evaluando 40 plantas.parcela<sup>-1</sup> y determinándose el número de plantas afectadas por los Hb y su nivel de daño. Para ello se utilizó la escala de la Asociación Latinoamericana de malezas (ALAM), modificada por Rodríguez, (1980).

**Peso seco (PS) de las plantas:** Se cosecharon 8 plantas de maíz al ras del suelo por unidad experimental a los 28, 49 y 62 DDS. Se les determinó el peso total (PT)de la muestra, (separando las hojas del tallo), se colocaron en estufa a 65 °C, durante 3 d.

**Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>):** Se determinó el PT de las semillas recolectadas en los dos hilos centrales de cada unidad experimental y con el área efectiva se extrapoló para obtener el rendimiento en kg ha<sup>-1</sup>.

**Las variables de malezas evaluadas fueron las siguientes:**

**Peso seco de las malezas:** Se empleó un marco de metal de (0,50m x 0,50m), se realizaron tres lanzamientos al azar a los 37 DDS en cada una de las parcelas.

**Índice de control visual:** Fue utilizada la escala sugerida por ALAM (1974), las malezas presentes en esa área se cosecharon al ras del suelo, separando por especies, e independientemente se les determinó PS, colocándolas en una estufa a 65 °C durante 3 d.

**Análisis estadísticos:** A las variables cualitativas les fue aplicada la prueba de Friedman (no paramétrico) y en, aquellos tratamientos donde se presentaron diferencias significativas, se les realizó una comparación de medias múltiple no paramétrica. A las variables cuantitativas fueron

calculadas a través del análisis de varianza y a las medias de los tratamientos se les comparó mediante la prueba de amplitudes múltiples de Duncan al 5% de significación. Aquellas variables que no cumplieron con los supuestos básicos se les realizaron un análisis estadístico no paramétrico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se observa que a los 8 y 14 días después de la aplicación (DDA) paraquat + diuron mostró un significativo mejor control sobre las malezas ciperáceas en comparación con el glifosato trimesio. Este efecto inicial más completo de paraquat + diuron se debe probablemente a que los primeros síntomas de daño con glifosato trimesio no se manifiestan hasta los 5 a 7 DDA. Sin embargo, los resultados obtenidos para los 14 DDA, son contrarios a los reportados en la literatura, donde se señala que un Hb sistémico como glifosato trimesio, ejerce un mejor control sobre las Ciperáceas que un Hb de contacto como paraquat + diuron. Es posible que para los 14 DDA aún glifosato trimesio no haya proporcionado toda su acción sobre la Ciperáceas. Con respecto a las malezas gramíneas y de hoja ancha no se observaron diferencias significativas entre los valores de índice de control visual presentados por ambos tratamientos presiembra, lo cual indica que para estas fechas de observación y bajo las condiciones evaluadas es indiferente la utilización de paraquat + diuron o glifosato trimesio.

**CUADRO 2.** Índice de control visual de malezas a los 8 y 14 días después de la aplicación de los herbicidas presiembra.

| Tratamientos<br>presiembra | Tipo de malezas |        |           |        |            |        |          |        |
|----------------------------|-----------------|--------|-----------|--------|------------|--------|----------|--------|
|                            | Ciperáceas      |        | Gramíneas |        | Hoja ancha |        | Promedio |        |
|                            | 8 DDA           | 14 DDA | 8 DDA     | 14 DDA | 8 DDA      | 14 DDA | 8 DDA    | 14 DDA |
| paraquat+diuron            | 98 a            | 88 a   | 79 a      | 75 a   | 85 a       | 78 a   | 87 a     | 79 a   |
| glifosato trimesio         | 50 b            | 61 b   | 70 a      | 79 a   | 78 a       | 77 a   | 66 b     | 75 a   |

Tratamientos que presentan letras iguales, no difieren estadísticamente iguales según la prueba de Duncan al 5% de significación.

En literatura consultada se encuentra ampliamente reseñado que las mezclas de Hb pueden mejorar o disminuir el control de malezas. Estas interacciones varían dependiendo de los Hb y las dosis empleadas, especies de malezas, su tamaño y las condiciones ambientales, considerando que es un riesgo a tomar cuando se utilizan mezclas de Hb (Shaw y Wesley, 1992).

En el Cuadro 3, los resultados muestran que la utilización de Hb presiembra en mezclas con preemergente no incrementó significativamente el control registrado en el promedio de los tratamientos presiembra para la maleza *Cyperus rotundus* y *Sorghum verticilliflorum*, sólo la adición de acetocloro + fluorocloridona incrementó el control de *Eleusine indica* a los 8 DDA, pero no a los 14 DDA. Cabe destacar que pendimetalin + atrazina no fue eficiente en el control de ciperáceas. Con respecto a las malezas de hoja ancha se encontró que todos los tratamientos utilizados en presiembra aplicados sólo o en mezclas con preemergentes ofrecieron un efectivo control sobre *Amaranthus dubius* y *Aldama dentata*, y no se observaron diferencias estadísticas entre ellos.

Por otra parte, en el Cuadro 4, se puede observar que a los 37 DDS los tratamientos postemergentes de nicosulfuron + atrazina y nicosulfuron + bentazon + MCPA ofrecieron un control significativamente superior de malezas gramíneas que cualquiera de las combinaciones de Hb usados como preemergentes. Para esa fecha, el efecto de los Hb preemergentes en el control de malezas en SD puede ser afectado negativamente por los residuos vegetales en el suelo tal como lo señalan Mejía (1996) y García (1999).

En relación con las malezas hoja ancha los Hb en aplicación postemergente ofrecieron un control satisfactorio y no existieron diferencias significativas entre ellas ni tampoco con el tratamiento preemergente de pendimetalin + atrazina. Es probable que este adecuado control proporcionado por la mezcla de pendimetalin + atrazina, se debió al efecto de este último Hb, el cual ejerce un buen efecto sobre las malezas de hoja ancha. En estas malezas se observaron diferentes respuestas hacia los Hb postemergentes, especialmente hacia la mezcla de nicosulfuron + bentazon + MCPA, la cual controló eficazmente *A. dubius* y *A. dentata* y no así *Mimosa pudica*. Únicamente la mezcla postemergente de nicosulfuron + bentazon + MCPA produjo un aceptable pero no completo control de *C. rotundus*. Similares resultados obtuvieron Forti y Gambino (1995) quienes indicaron que la adición de bentazon + MCPA a la mezcla de nicosulfuron incrementó significativamente el control de *C. rotundus*.

**CUADRO 3.** Índice de control visual de malezas ciperáceas y gramíneas por tratamiento a los 8 y 14 días después de la aplicación de los herbicidas presiembra y preemergentes.

| Tratamientos presiembra<br>y preemergentes | Especies de malezas ciperáceas y gramíneas |        |                                 |        |                        |        |
|--|--|--------|---------------------------------|--------|------------------------|--------|
|  | <i>Cyperus rotundus</i>                    |        | <i>Sorghum verticilliflorum</i> |        | <i>Eleusine indica</i> |        |
|  | 8 DDA                                      | 14 DDA | 8 DDA                           | 14 DDA | 8 DDA                  | 14 DDA |
| Promedio de los presiembra                 | 76 ab                                      | 74 ab  | 76 a                            | 71 a   | 75 b                   | 78 a   |
| acetocloro + fluorocloridona               | 83 a                                       | 83 a   | 76 a                            | 82 a   | 83 a                   | 80 a   |
| metolacoloro                               | 72 ab                                      | 79 a   | 74 a                            | 86 a   | 70 b                   | 73 a   |
| pendimetalin + atrazina                    | 66 b                                       | 65 b   | 73 a                            | 75 a   | 70 b                   | 70 a   |

Tratamientos que presentan letras iguales, no difieren estadísticamente iguales según la prueba de Duncan al 5% de significación.

**CUADRO 4.** Índice de control visual de malezas gramíneas, hoja ancha y ciperáceas de los tratamientos presiembra + preemergente y tratamientos presiembra en secuencia con tratamientos postemergentes a los 37 días después de la siembra.

| Tratamientos<br>presiembra,<br>preemergentes y<br>postemergentes | Gramíneas                  |                                     | Hoja ancha               |                              | Ciperáceas                |                             |
|--|----------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
|  | <i>Eleusine<br/>indica</i> | <i>Sorghum<br/>verticilliflorum</i> | <i>Mimosa<br/>pudica</i> | <i>Amaranthus<br/>dubius</i> | <i>Aldama<br/>dentata</i> | <i>Cyperus<br/>rotundus</i> |
| Promedio de los<br>presiembra                                    | 18 b                       | 29 b                                | 28 c                     | 28 b                         | 8 b                       | 10 b                        |
| acetocloro +<br>fluorocloridona                                  | 34 b                       | 13 b                                | 63 b                     | 50 b                         | 20 b                      | 5 c                         |
| metolacoloro   | 23 b                       | 20 b                                | 23 c                     | 30 b                         | 25 b                      | 0 d                         |
| pendimetlan +<br>atrazina  | 23 b                       | 15 b                                | 83 ab                    | 100 a                        | 97 a                      | 0 d                         |
| nicosulfuron +<br>atrazina                                       | 88 a                       | 100 a                               | 100 a                    | 100 a                        | 100 a                     | 0 d                         |
| nicosulfuron +<br>bentazon                                       | 70 a                       | 90 a                                | 50 b                     | 100 a                        | 98 a                      | 78 a                        |

Tratamientos que presentan letras iguales, no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 5% de significación.

Los valores de PS de malezas a los 37 DDS (Cuadro 5) en los tratamientos postemergente de nicosulfuron + atrazina y nicosulfuron + bentazon + MCPA, fueron significativamente más bajos que el total registrado para el resto de las malezas. Es importante destacar que nicosulfuron + atrazina fue particularmente efectivo en reducir significativamente el PS de malezas gramíneas y de hoja ancha, mientras que nicosulfuron + bentazon + MCPA mostró similares resultados y redujo significativamente el PS de Ciperáceas (Cuadro 5). Pero fue menos efectivo en el control de *M. púdica*. Al comparar estos resultados obtenidos de los Hb postemergente, con los resultados de tratamiento sólo presiembra y preemergente, se observa la notoria superioridad de los Hb postemergentes en relación al control de malezas en SD.

Orsini (1994), en ensayo con SD en maíz, indican, que cuando no se realizó ninguna aplicación postemergentes no se observan diferencias significativas entre ninguno de los tratamientos presiembra. De esto se deduce la necesidad de realizar controles postemergentes para lograr un control aceptable en el tiempo, tal y como lo señalan (Lewis, 1985; Albarracín *et al.*, 1996; García, 1999).

En relación a las ciperáceas se registraron menores diferencias entre tratamientos preemergente y postemergente que los registrados para gramíneas y de hoja ancha (Cuadro 5). Se destaca que en este ensayo la sola utilización de Hb presiembra no fue suficiente, requiriéndose la utilización de los Hb postemergentes para completar el control de las malezas. Resultados similares fueron obtenidos por Atrio *et al.* (1993) quienes señalaron la necesidad de utilizar Hb postemergentes como nicosulfuron para complementar el control de malezas.

En relación a la fitotoxicidad de los herbicidas, se determinó que ninguno de los tratamientos presiembra afectó significativamente la germinación y la emergencia de las plántulas de maíz, lo cual coincide con Mejía (1995); Escalante y López (1996); FCH Chemicals Handbook (1995) quienes señalan que las cloroacetanilidas no afectan la germinación de semillas del cultivo. Además, se observó que los Hb presiembra ocasionaron bajo nivel de daño a las plantas de maíz en germinación.

En sus investigaciones Mejía (1996) destaca el escaso efecto en el suelo de Hb a base de paraquat y glifosato y por lo tanto, la baja probabilidad de que estos Hb afecten a las plantas en germinación (WSSA, 1983). Para los 12 y 28 DDS se determinó que el tratamiento de acetocloro +

**CUADRO 5.** Peso seco (g) por especie de malezas de los tratamientos presiembra + preemergentes y de los tratamientos presiembra + postemergentes a los 37 días después de la siembra.

| Tratamientos<br>sresiembra,<br>preemergentes y<br>postemergentes | Gramíneas              |                                 | Hoja ancha           |                          | Ciperáceas            |                         |
|--|------------------------|---------------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|
|  | <i>Eleusine indica</i> | <i>Sorghum verticilliflorum</i> | <i>Mimosa pudica</i> | <i>Amaranthus dubius</i> | <i>Aldama dentata</i> | <i>Cyperus rotundus</i> |
| Promedio de los<br>presiembra                                    | 68 c                   | 16 b                            | 7 c                  | 5,7 b                    | 15,6 b                | 30 ab                   |
| acetocloro +<br>fluorocloridona                                  | 45 bc                  | 19 b                            | 2,9 ab               | 3,5 b                    | 9,7 b                 | 43 c                    |
| metolaclo  | 59 c                   | 17 b                            | 5,7 bc               | 4,3 b                    | 11,8 b                | 29 d                    |
| pendimetalin +<br>atrazina                                       | 51 c                   | 24 b                            | 1,1 a                | 0,2 a                    | 1,2 a                 | 68 c                    |
| nicosulfuron +<br>atrazina                                       | 21 a                   | 0 a                             | 0 a                  | 0 a                      | 0 a                   | 48 b                    |
| nicosulfuron +<br>bentazon                                       | 28 ab                  | 5 a                             | 4,1 b                | 0 a                      | 0,2 a                 | 17 a                    |

Tratamientos que presentan letras iguales, no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 5% de significación.

fluorocloridona en mezcla con paraquat + diuron o glifosato trimesio incrementó el nivel de fitotoxicidad observándose plantas de color blanco, siendo este nivel de daño (41,5 % de plantas levemente dañadas) y posteriormente (37 DDS) esas plantas no presentaron ningún daño aparente. Mejía y Yépez (1994); Escalante *et al.* (1996), señalan que acetocloro + fluorocloridona ocasionó daños al cultivo de maíz.

Por su parte, Mejía (1995) atribuye esos daños a la fluorocloridona y no al acetocloro, esta afirmación está sustentada en el mecanismo de acción de la fluorocloridona, que consiste en la biosíntesis de los carotenoides, lo que conlleva a la aparición de plantas cloróticas. A los 28 DDS, los tratamientos postemergentes nicosulfuron + atrazina y nicosulfuron + bentazon + MCPA ocasionaron ligeros y transitorios daños a las plantas de maíz, siendo estos estadísticamente igual tanto en las aplicaciones secuenciales con paraquat + diuron como en las de glifosato trimesio. La tolerancia de las plantas de maíz a los Hb sulfonilúreas está principalmente basada en el rápido metabolismo del herbicida a compuestos no tóxicos (Simpson *et al.*, 1995) citado por (Escalante *et al.*, 1996).

En relación al PS de plantas de maíz, los valores obtenidos indican que la utilización en presembrado al cultivo de cualquiera de los Hb evaluados tienen un efecto similar sobre la variable en estudio (Cuadro 6). A los 28, 49 y 62 DDS, los mayores valores de peso seco de plantas de maíz se registraron en los tratamientos donde se utilizaron los Hb postemergentes nicosulfuron + atrazina y nicosulfuron + bentazon + MCPA luego de la utilización de los presembrados y con el tratamiento preemergente de pendimetalin + atrazina el cual fue utilizado en mezcla con los Hb presembrados. Coincidentalmente en estos tratamientos se obtuvo el mejor control de malezas en el ensayo. Hernández (1998), señala que los altos valores en PS en plantas de maíz del híbrido Himeca 2000 se obtuvieron con el tratamiento de nicosulfuron + atrazina, (García, 1999), el cual fue estadísticamente superior a la combinación de nicosulfuron + bentazon y al no tratado, y similar al tratamiento individual de nicosulfuron.

Con relación al rendimiento en granos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en plantas de maíz, los resultados indicaron que fue indiferente la utilización de cualquiera de los dos tratamientos presembrados, ya que tuvieron un efecto similar sobre esta variable. El Cuadro 7, indica que los más altos valores en rendimiento se registraron en aquellos tratamientos donde se utilizaron los herbicidas postemergentes nicosulfuron + atrazina y nicosulfuron + bentazon + MCPA en secuencia con los herbicidas presembrados de paraquat + diuron o glifosato trimesio.

**CUADRO 6.** Peso seco (g) de plantas de maíz para los tratamientos presiembra + preemergente y los tratamientos presiembra + postemergentes a los 28, 49,62 días después de la siembra.

| Interacción de los tratamientos presiembra, preemergentes y postemergentes | l | Peso seco en plantas de maíz (g m <sup>-2</sup> ) |           |          |
|--|---|---|-----------|----------|
|  |   | 28 DDS  | 49 DDS    | 62 DDS   |
| paraquat + diuron + pendimetalin + atrazina                                |   | 3,75 a  | 129,23 b  | 208,70 a |
| paraquat + diuron + nicosulfurun + atrazina                                |   | 4,00 a  | 152,45 a  | 219,73 a |
| paraquat + diuron + pendimetalin + bentazon + MCPA                         |   | 3,85 a  | 95,93 bc  | 211,48 a |
| glifosato trimesio + pendimetalin + atrazina                               |   | 3,83 a  | 115,37 b  | 214,28 a |
| glifosato trimesio + nicosulfurun + atrazina                               |   | 4,33 a  | 133,93 ab | 206,65 a |
| glifosato trimesio + nicosulfurun+ bentazon + MCPA                         |   | 4,15 a  | 167,38 a  | 241,82 a |

Tratamientos que presentan letras iguales, no difieren estadísticamente iguales según la prueba de Duncan al 5% de significación.

Es importante mencionar que el PS total de las malezas se correlacionó negativamente con el rendimiento en granos del cultivo de maíz, indicando estos resultados que en aquellas parcelas donde las malezas presentaron mayor biomasa, también se registraron el menor rendimiento en el cultivo. Esta observación fue particularmente notoria en el caso de las malezas gramíneas y de hoja ancha, no así para las ciperáceas. Esto confirma lo señalado por Corona (1994), Atrio *et al.* (1993), García (1999) quienes registran que en las parcelas donde se realizó una aplicación postemergente, los rendimientos fueron superiores.

## CONCLUSIONES

- La mezcla formulada de paraquat + diuron presentó mejor actividad inicial en el control de *C. rotundus* que el glifosato trimesio. Sin embargo, este último a los 37 DDS, exhibió las mayores reducciones en el peso seco de esta especie.

- Glifosato trimesio y la mezcla formulada de paraquat + diuron produjeron un insuficiente período de control de las malezas, siendo necesaria la utilización de Hb postemergentes selectivos para complementar el control ofrecido por los Hb presiembra utilizados en el ciclo del maíz.
- La utilización de Hb preemergentes en mezcla con presiembra no incremento el control ofrecido por estos últimos.
- El uso de los tratamientos postemergentes al maíz de nicosulfuron + atrazina y nicosulfuron + bentazon + MCPA redujo significativamente el PS de las malezas gramíneas y de hoja ancha en relación a los tratamientos presiembra solos o en mezclas con los tratamientos preemergentes. Sin embargo, no tuvo influencia en el caso de *C. rotundus*.
- Los mayores valores de PS de plantas de maíz se registraron en los tratamientos donde se utilizaron los Hb postemergentes de nicosulfuron + atrazina y nicosulfuron + bentazon + MCPA y con el tratamiento preemergente de pendimetalin + atrazina.
- Los más altos valores en rendimiento se registraron en aquellos tratamientos donde se utilizaron los Hb postemergentes de nicosulfuron + atrazina y nicosulfuron + bentazon + MCPA en secuencia con los Hb presiembra de paraquat+ diuron o glifosato trimesio.

**CUADRO 7.** Rendimiento en granos **ajustado** al 12% de humedad en plantas de maíz para los tratamientos presiembra en secuencia con los tratamientos postemergentes.

| Interacción de los tratamientos presiembra con los tratamientos postemergentes | Rendimiento <sup>1/</sup><br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | % de Reducción <sup>2/</sup> |
|--|---|------------------------------|
| paraquat + diuron + nicosulfuron + atrazina                                    | 4 756 a   | 0                            |
| paraquat + diuron + nicosulfuron + bentazon + MCPA                             | 4 297 a   | 10                           |
| glifosato trimesio + nicosulfuron + atrazina                                   | 4 212 ab  | 11                           |
| glifosato trimesio + nicosulfuron + bentazon + MCPA                            | 4 536 a   | 5                            |

<sup>1/</sup> Tratamientos que presentan letras iguales, no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 5% de significación.

<sup>2/</sup> Porcentaje de reducción en relación con el tratamiento con mayor rendimiento.

## AGRADECIMIENTO

Deseo expresar agradecimiento al Ing. Agr<sup>o</sup>. MSc. José Mejía por su gran apoyo como tutor, por su alta cooperación, enseñanza, ejemplo de disciplina y por haber depositado su confianza en mí en la realización de este trabajo para optar al título de Magíster Scientiarum en Agronomía. A la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, por ofrecerme la oportunidad de lograr esta meta. Al Profesor Angel Centeno, por su apoyo y enseñanzas. A la compañía SEHIVECA por el suministro de la semilla. Al Sr. Jesús Zea, José Marín, Mónica Hernández, Francisco Monasterio, Alberto (Maracucho), Luis Pérez, Profesora Rosana Figueroa quienes de alguna forma han tenido una valiosa participación en la realización de la tesis de postgrado. Además, quiero expresar mi agradecimiento al Dr. Pedro Sánchez, Ing. José Mejía y a los Investigadores Cirilo Girón y Marisol López por su valiosa colaboración como revisores de la primera versión de este artículo para ser enviado a la revista Agronomía Tropical.

## SUMMARY

In order to evaluate the efficacy and period of weed of two preplanting herbicides, five preemergence herbicides and two selective postemergence herbicides, in a maize, *Zea mays* L., no tillage system, a trial was established at the Agronomy Faculty of the Central Universidad of Venezuela with the white hybrid (Himeca 2000). Treatments were arranged in a randomized block design with four replicates. Treatments were: paraquat + diuron, paraquat + diuron + acetochlor + fluorochloridone, paraquat + diuron + metolachlor, paraquat + diuron + pendimethalin + atrazine, paraquat + diuron + nicosulfuron + atrazine, paraquat + diuron + nicosulfuron + bentazone + MCPA, trimesium glyphosate, trimesium glyphosate + acetochlor + fluorochloridone, trimesium glyphosate + metolachlor, trimesium glyphosate + pendimethalin + atrazine, trimesium glyphosate + nicosulfuron + atrazine, trimesium glyphosate + nicosulfuron + bentazone + MCPA. An equipment of constant pressure with CO<sub>2</sub> to 200 l ha<sup>-1</sup> of herbicide solution was used. Weeds species were evaluated by visual control index and dry weight, maize was evaluated by, phytotoxicity, yield and plant dry weight. Results showed that preplant herbicides provided similar and insufficient control of grasses and broad leaves, nevertheless

trimesium glyphosate produced better control of *Cyperus rotundus*. It was necessary to apply selective postemergence herbicides to improve weed control. The preemergence herbicides used in mixtures with presowing treatment, did not offer satisfactory weed control. Only acetochlor + fluorochloridone caused moderate damage to crop. Total dry weight of weeds had a negative correlation with maize yield. The best yields of maize were reached when the two selective postemergence herbicides were used in sequence with any of the preplanting treatments.

**Key Words:** Herbicides; weed; maize; no tillage; *Zea mays* L.

### BIBLIOGRAFÍA

AGRICULTURAL EXTENSION NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY (AENCSU). 1989. Conservation tillage for crop production. North Carolina. p. 29-31.

ASOCIACION LATIOAMERICANA DE MALEZAS (ALAM). 1974. Recomendaciones sobre clasificación de los sistemas de los sistemas de malezas. ALAM. Revista de la Asociación Latinoamericana de Malezas. 1(1):35-38.

ALBARRACIN, M., K. MATZAVRACO, R. MENDT, A. TERLIZZI, L. ORSINI y D. REYES. 1996. Combate de malezas en maíz bajo siembra directa en el estado Guárico (años 1992-1995). **In:** 1<sup>er</sup> Seminario de la Labranza Conservacionista en Venezuela. Memorias. p. 45-53.

ATRIO, E. y K. MATZAVRACO. 1993. Evaluación del control de malezas en maíz en sistema de labranza mínima y algunas comparaciones con el convencional. Tesis de Grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 187 p.

CORONA, A. 1994. Evaluación del control de malezas en maíz bajo un sistema de cero labranza. Parte I. Selectividad y efectividad. Tesis de Grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 137 p.

DICKS, J. 1986. Graminidas de postemergencia selectivos para los cultivos de hoja ancha. Departamento de Desarrollo, ICI, Plant Protection Division. p. 3-6.

ESCALANTE, Y. y C. LÓPEZ. 1996. Evaluación de acetocloro (76,8% EC) en el control de malezas y la selectividad en el cultivo de maíz sólo y en mezcla con tres herbicidas. Tesis de Grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 96 p.

EVANS, J. and B. M. JENKS. 1989. Broadleaf and greenfoxtail control with DPX- M6316 and primisulfuron in corn. *Weed Sci.* 37: 280 - 281.

FARM CHEMICALS HANDBOOK (FCH). 1995. Pesticide Dictionary. 285 p.

FORTI, R. y P. GAMBINO. 1995. Evaluación del momento de aplicación de nicosulfuron para el control de malezas y la selectividad en el cultivo de maíz utilizado sólo y en mezcla con cuatro herbicidas. Tesis de Grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 132 p.

GARCÍA, P. 1999. Control químico de malezas en Maíz (*Zea mays* L.) en un sistema de siembra directa. Tesis de Postgrado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 85 p.

HERNÁNDEZ, M. 1998. Eficacia y selectividad de nicosulfuron y sus mezclas con otros herbicidas en cultivares de maíz. Tesis de Postgrado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 120 p.

LEWIS, W. 1985. Weed control in reduced tillage soybean production *Weed Sci. Society.* 2(4):41-45.

MÁRQUEZ, O. 1989. Caracterización mineralógica y génesis de suelos de dos ambientes geoquímicas en la Cuenca del Río Guey. Tesis de Postgrado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 120p.

MEJÍA, J. 1995. El sistema de siembra sin labranza desde el punto de vista de la conservación del suelo y de las malezas. Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos. **In:** II Taller Nacional de Labranza, Sistema de Labranza y Conservación de suelos. 12p.

MEJÍA, J. 1996. El sistema de siembra sin labranza desde el punto de vista de las malezas. **In:** 1<sup>er</sup> Seminario de la labranza conservacionista en Venezuela. p. 31-43.

MEJÍA, J. y G. YÉPEZ. 1994. Sumarios técnicos de ensayos. ZENECA. p. 29-35.

MUÑOZ, J. 1991. Manual técnico de Agroisleña. 555 p.

NALEWAJA, J. D., Z. WOZNICA and F. A. MANTHEY. 1991. DPX-V9360. Efficacy with adjuvants and environment. *Weed Technol.* 5:92-96.

ORSINI, L. 1994. Evaluación del control de malezas en maíz bajo un sistema de cero labranza. Parte II. Densidad y biomasa de la maleza y cobertura sobre el suelo. Tesis de grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía 143p.

RODRÍGUEZ, E. 1980. Sistemas de evaluación de la investigación en el campo de control de malezas. Material didáctico del curso sobre control de malezas en Venezuela. Maracay. 11p.

ROSALES, E. 1993. Postemergence shattercane (*Sorghum bicolor*) control in corn (*Zea mays* L.) in Northern Tamaulipas, Mexico. *Weed Technol.* 7:830-834.

SHAW, D. R. and M. T. Wesley. 1992. Interacting effects on absorption and translocation from tank mixtures of ALS-inhibiting and diphenylether herbicides. *Weed technol.* 7:693-698.

TRIPLETT, G. B. 1985. Principles of weed control for reduced tillage corn production. Monograph series of the Weed Science Society of America. *Weed control in limited tillage systems.* 2(3):26-40.

WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA (WSSA). *Journal of the Weed* 1983. *Herbicide Handbook of the W.S.S.A.* fifth edition. Weed Science. Champaign. Illinois. U.S.A.

## USO DE PATRONES ISOENZIMÁTICOS PARA CARACTERIZAR LA CALIDAD GENÉTICA DE LA SEMILLA CERTIFICADA DE ARROZ EN VENEZUELA

Nohelia Rodríguez\*, Miriana Cerovich\*\*, Catalina Ramis\*\*,  
Fausto Miranda\*, América Trujillo\*\* y Rosana Figueroa\*\*

### RESUMEN

La certificación de semillas es un sistema de multiplicación con número limitado de generaciones para preservar la pureza e identidad genética de cultivares mejorados. El diagnóstico de la cadena agroindustrial de arroz, *Oryza sativa* L., en Venezuela realizado en 1996, identificó problemas asociados con la pureza genética y calidad general de la semilla certificada de las variedades comerciales de arroz. El objetivo de este estudio fue determinar y cuantificar la posible contaminación de la pureza genética en las cuatro clases de semillas de arroz: Genética, Fundación, Registrada y Certificada, además de la semilla informal de los cultivares comerciales Araure 4, Cimarrón, FONAIAP 1 y Palmar. También se diseñó y validó un nuevo método para cuantificar contaminantes en muestras de semillas de arroz, cuya aplicación en el estudio demostró que la clase Registrada de la variedad Araure 4, y la semilla pirata de FONAIAP 1, presentaron 28 y 8% de contaminación en relación con el patrón isoenzimático de sus respectivas clases Genéticas. Estos resultados indican que la contaminación detectada responde a mezclas con otras variedades y/o semillas de arroces rojos, ocurridas durante su multiplicación por manejo inadecuado durante las diversas labores de campo, cosecha y post cosecha. Se demostró que la técnica de electroforesis, sola o combinada con evaluaciones morfométricas, representa un método consistente para validar la identidad y pureza genética de las variedades de arroz y sus clases de semilla certificada.

**Palabras Clave:** *Oryza sativa* L.; arroz; semillas; electroforesis; isoenzimas; certificación.

---

1 Producto parcial del proyecto "Caracterización del proceso de certificación de semilla de arroz en Venezuela". Financiado por el Convenio FONACIT-FUNDARROZ-FAGRO-UCV-INIA.

\* Investigadores. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Apdo. 4563. Maracay 2101. Venezuela. E-mail: nrodriguez@inia.gov.ve; fmiranda@inia.gov.ve

\*\* Profesoras. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Agronomía. apdo. 4579. Maracay, estado Aragua. Venezuela. E-mail: icta@agr.ucv.ve

RECIBIDO: abril 28, 2003.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos básicos de la certificación de semilla es el mantenimiento de la pureza e identidad genética de las variedades mejoradas, a fin de proporcionarle a los agricultores semillas de alta calidad (Araullo *et al.*, 1976; Johnson, 1982; González *et al.*, 1985). Sin embargo, durante el proceso de multiplicación la semilla puede ser contaminada con polen de otra variedad o por mezcla física, debido al manejo inadecuado de las diversas labores de campo, cosecha o procesamiento (Wang, 1988; Tinarelli, 1989). Usualmente, tal contaminación no es detectada por los análisis de rutina realizados a semillas o plántulas en los laboratorios de verificación de calidad; por lo tanto, para una evaluación efectiva, deben realizarse descripciones precisas a través de observaciones de crecimiento y desarrollo de plantas desde el estado de semilla hasta su maduración (Johnson, 1982; Payne, 1986; Lavignalle, 1996).

Los métodos basados en evaluaciones fenotípicas, requieren espacio para su ejecución y cierto tiempo para la obtención de resultados; por lo tanto, en los últimos años se han desarrollado como alternativas ventajosas, diversos métodos bioquímicos usando marcadores quimiotaxonómicos para la evaluación de la pureza genética, como parte de un programa de aseguramiento de la calidad de la semilla por su expresión casi exclusiva de la composición genética de una especie determinada (Schinkel y Gepts, 1989; Glazmann *et al.*, 1988; Gepts y Debouck, 1991; Smith y Smith, 1992; Parra, 1994; Ortiz, 1997; Medina *et al.*, 2000; Sengupta y Chattopadhyay, 2000; Zdenêk y Griga, 2000; Lucchese *et al.*, 2001).

El diagnóstico de la cadena agroindustrial de arroz en Venezuela, realizado por Martínez (1996), identificó problemas asociados con la pureza genética y calidad general de la semilla certificada de arroz, lo que generalmente ha sido interpretado como “erosión genética” de las variedades comerciales. Esta variabilidad marcó la necesidad de realizar este trabajo en donde se planteó como objetivo, determinar y cuantificar la posible contaminación de la pureza genética de la semilla de arroz, proveniente del sistema de producción de semilla certificada del estado Portuguesa, mediante el uso de patrones electroforéticos de isoenzimas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio se caracterizaron los patrones isoenzimáticos de las variedades comerciales de arroz Araure 4, Cimarrón, FONAIAP 1 y Palmar,

de las cuatro clases de semilla reconocidas por el sistema de certificación de arroz: Genética (SG), Fundación (SF), Registrada (SR) y Certificada (SC), y de la semilla no certificada o semilla informal (SI), suministradas, en el caso de la SG por FONAIAP Barinas (ahora INIA Barinas, Centro de Investigaciones Agrícolas del estado Barinas) y el resto de las clases se obtuvo en APROSCELLO; la SI se obtuvo de los agricultores que producen semilla no autorizada.

### **Determinación de patrones isoenzimáticos**

Para determinar las isoenzimas que permitieran diferenciar las variedades entre sí, se utilizó la metodología de Ortiz (1997), con modificaciones en cuanto a la edad de las plántulas evaluadas, basada en los estudios de electroforesis de isoenzimas en gel de almidón de Glaszmann *et al.*, (1988). Las enzimas utilizadas fueron: fosfogluconato deshidrogenasa (PGD), beta esterasa ( $\beta$ -Este), sinquimato deshidrogenasa (SDH), alfa esterasa ( $\alpha$ -Este), fosfoglucosa isomerasa (PGI), isocitrato deshidrogenasa (IDH) y malato deshidrogenasa (MDH).

#### **a) Preparación del gel**

Para la preparación del gel se uso una solución tampón del electrodo morfolina citrato, diluida en agua destilada en una relación de 1:20, hasta obtener 275 ml de solución. En un Erlenmeyer con 1/3 de la solución tampón del gel, se disolvieron 33 g de almidón de papa hidrolizado 12% mediante agitación continua. El resto de la solución fue calentada en un balón aforado hasta ebullición, cuando se añadió la solución con el almidón disuelto agitándola hasta su cristalización. El aire fue extraído al vacío y la solución, trasvasada al molde respectivo, fue cubierta con tapa de vidrio presionada para nivelar el gel y evitar pérdidas de humedad. Finalmente, el gel fue colocado a temperatura ambiente por 15 horas y almacenado en una nevera a 4°C hasta que se realizaron las corridas electroforeticas.

#### **b) Tamaño de muestra y preparación del extracto proteico**

Para obtener el extracto de proteínas, se seleccionó una muestra de 50 semillas de la clase SG de cada una de las variedades evaluadas las cuales fueron sembradas en el laboratorio para su germinación. Entre los 18 y 23 días después de la siembra, las plúmulas de cada plántula y de cada variedad fueron cosechadas por separado y maceradas con la solución de extracción (tampón 100m Mtris, pH 7,3, 1% glutation) en

una relación de peso 1:2. El extracto obtenido se colocó sobre una franja de papel filtro Whatman # 3 para su absorción; éste a su vez fue colocado sobre el gel frío, previamente cortado a 5 cm del borde catódico, dejando una distancia aproximada de 0,5 cm entre franjas y 1 cm entre el borde del gel y la primera muestra, para evitar la mezcla de bandas durante la corrida.

### c) Corrida electroforética

El gel impregnado con la solución proteica se colocó sobre la cámara de electroforesis en un refrigerador a 4 °C., poniendo en contacto las dos esponjas de los electrodos inmersos en el tampón con los dos polos del gel; se ajustó la intensidad de la corriente a 35 miliamperios y se realizó una corrida por 15 minutos. Posteriormente se descartaron los papeles, limpiando la zona para evitar mezclas y se unieron nuevamente las dos porciones del gel para continuar la corrida por 5 h adicionales.

### d) Cortado y teñido del gel

Después de la corrida, el gel se cortó en cuatro porciones transversales de 1 a 2 mm de espesor, se descartó la superior y las tres restantes se sumergieron en una solución reveladora para cada isoenzima, luego se colocaron en la oscuridad a temperatura ambiente hasta obtener buena revelación.

### Determinación de la contaminación de la pureza genética de las variedades y sus clases de semillas.

Para evaluar el grado de contaminación de los patrones isoenzimáticos (PI) de las variedades y sus clases de semilla, se establecieron siete combinaciones usando plúmulas de las variedades Araure 4 y FONAIAP 1 como “plantas puras” y Cimarrón y Palmar como “plantillas contaminantes” y cuyas combinaciones mostradas en el Cuadro, fueron: 100 (99:1); 50 (49:1); 25 (24:1); 20 (19:1); 15 (14:1); 10 (9:1) y 5 (4:1).

En ambos casos se realizaron tres repeticiones de corridas electroforéticas para cada combinación y para cuantificar los porcentajes de contaminación se seleccionó la combinación dos (99:1). En la Figura 1 se presenta como ejemplo el PI y el diagrama de interpretación de Araure 4 con su respectiva contaminante para las siete combinaciones con las enzimas PGI e IDH.

**CUADRO.** Combinación de plúmulas por muestra en Araure 4 y FONAIAP 1 con sus respectivas contaminantes Cimarrón y Palmar.

| Variedad     | Combinación de plúmulas/muestra |           |           |           |           |           |          |
|--------------|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
|              | 1                               | 2*        | 3         | 4         | 5         | 6         | 7        |
| Araure 4 (A) | 99                              | 49        | 24        | 19        | 14        | 9         | 4        |
| Cimarrón (B) | 1                               | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1        |
| <b>Total</b> | <b>100</b>                      | <b>50</b> | <b>25</b> | <b>20</b> | <b>15</b> | <b>10</b> | <b>5</b> |
| FONAIAP (A)  | 99                              | 49        | 24        | 19        | 14        | 9         | 4        |
| Palmar (B)   | 1                               | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1        |
| <b>Total</b> | <b>100</b>                      | <b>50</b> | <b>25</b> | <b>20</b> | <b>15</b> | <b>10</b> | <b>5</b> |

(A) Variedad pura; (B) Contaminante; (\*) Combinación seleccionada.

Para determinar el porcentaje de contaminación de los PI, se usó la siguiente fórmula:

$$P = \frac{n}{N} \times 100$$

en donde

P = Porcentaje de contaminación.  
 n = Número de muestras contaminadas.  
 N = Número total de muestras.

Para la determinación de la proporción de impurezas mediante la distribución Binomial, se utilizó la fórmula:

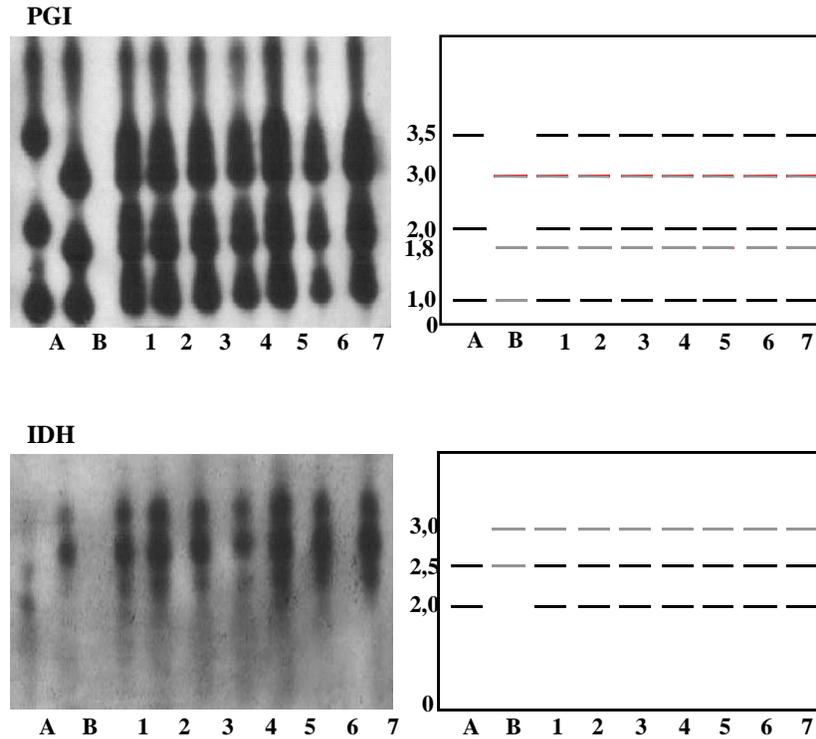
$$\sqrt{\frac{Pq}{N}}$$

$$P \pm Zc$$

$\alpha = 0,05 \longrightarrow Zc = 1,96$

en donde

P = Probabilidad de éxito = contaminación  
 Q = Probabilidad de fracaso = no contaminación.



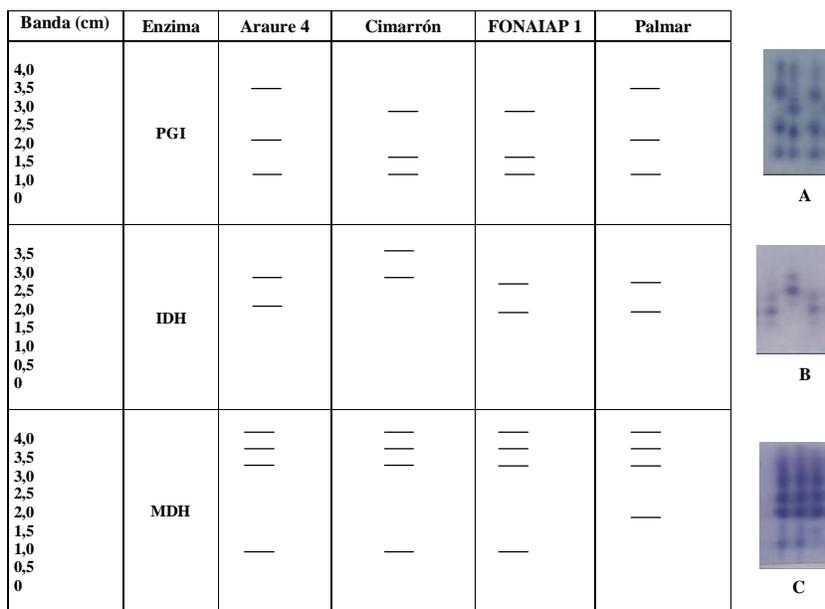
**FIGURA 1.** Patrón electroforético y diagrama de interpretación de diferentes combinaciones de plántulas de arroz: Araure 4 (A) + contaminante: Cimarrón (B) en siete relaciones evaluadas para las enzimas PGI e IDH.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Realizadas las corridas electroforéticas sobre 50 plántulas individuales de cada variedad de la clase de SG, se observó que de las siete isoenzimas utilizadas, la PGD,  $\beta$ -Este y SDH no mostraron polimorfismo sobre las variedades evaluadas de arroz, mientras que la  $\alpha$  Este presentó bandas muy tenues y de muy baja resolución, por lo cual fueron descartadas de las pruebas. Las tres isoenzimas restantes, PGI, IDH y MDH, mostraron uniformidad total en el patrón isoenzimático de cada variedad, permitiendo así diferenciar Araure 4, Cimarrón, FONAIAP 1 y Palmar, resul-

tados estos que concuerdan con lo señalado por Ortiz (1997), sobre el uso de estas isoenzimas en la determinación de la pureza genética de esos cultivares, presentados en la Figura 2 con su correspondiente Diagrama.

De esta manera, la PGI mostró que Araure 4 y Palmar, al presentar una segunda banda a 2,0 cm y una tercera a 3,5 cm del origen, eran separables de Cimarrón y FONAIAP 1, porque sus bandas estuvieron localizadas a 1,8 y 3,0 cm del origen. Los patrones obtenidos con la isoenzima IDH, mostraron que Araure 4, FONAIAP 1 y Palmar, tenían una primera banda a 2,0 cm y la segunda a 2,5 cm del origen; mientras que la Cimarrón posee una primera banda a 2,5 cm y la segunda a 3,0 cm, pudiendo así discriminarla de las tres previamente señaladas. Finalmente, la MDH, develó en Palmar, una primera banda a los 1,7 cm que permitió diferenciarla del resto de los cultivares que la presentaron a 1,0 cm del origen.



**FIGURA 2.** Patrones isoenzimáticos y diagrama de los materiales Araure 4, Cimarrón, Palmar y FONAIAP 1 usando las isoenzimas PGI (A), IDH (B) y MDH (C).

### **Porcentaje de contaminación**

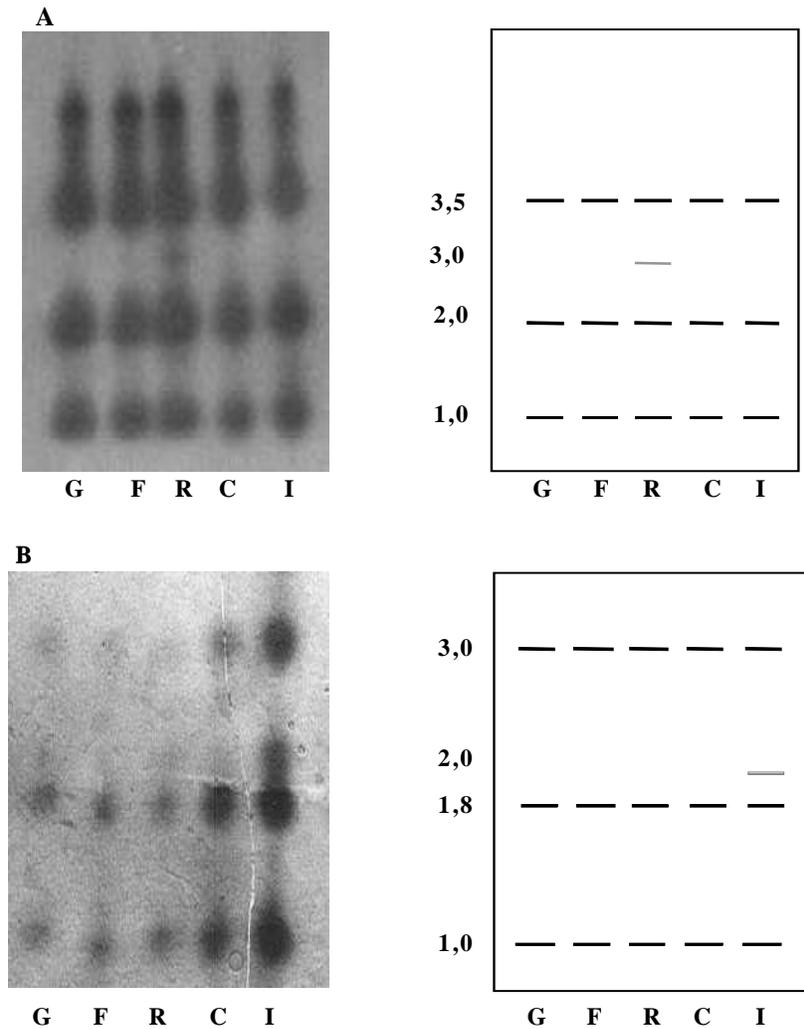
El tamaño óptimo de muestra para determinar el porcentaje de contaminación de la pureza genética fue de 50 plántulas, compuesta por 49 de la variedad evaluada y 1 contaminante (49:1). Esta combinación facilitó la estimación de la pureza genética por permitir mejor resolución de bandas de isoenzimas y alta capacidad visual de la presencia de la contaminante, asimismo es un número representativo para determinar por lo menos el 2% de contaminación en cada una de las muestras estudiadas. El PI de la SG de Cimarrón y Palmar fueron idénticos a los de sus clases de semilla, SF, SR, SC e SI. En contraste, los PI de la SG de Araure 4 y FONAIAP 1 que se presentan en la Figura 3, mostraron diferencias notables con los PI de sus clases SR y SI, respectivamente, observándose claramente las bandas contaminadas.

### **Porcentajes de contaminación en Araure 4 y FONAIAP 1**

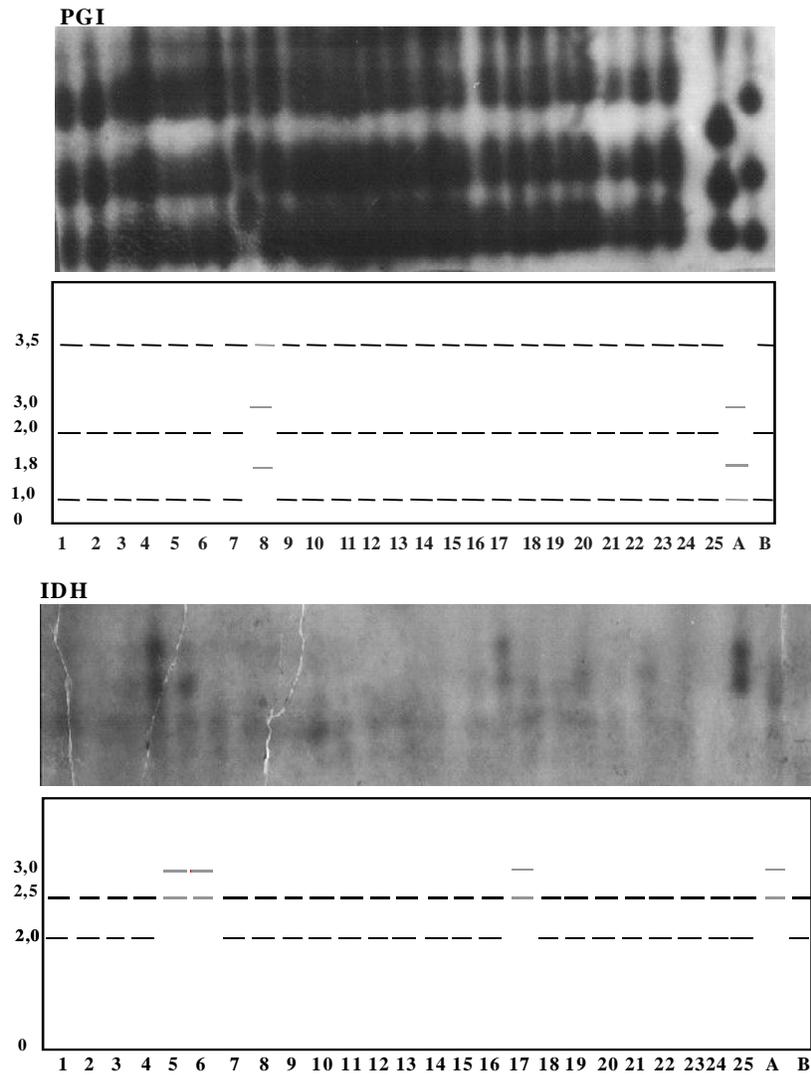
Los porcentajes de contaminación de Araure 4 en la SR y FONAIAP 1 en la SI, fueron calculados sobre muestras de 50 plántulas individuales, divididas en dos geles con 25 muestras cada uno, usando como testigos la SG de Cimarrón (A) y Palmar (B). Dichos testigos fueron seleccionados debido a que Cimarrón presenta bandas diferentes a Araure 4 usando las enzimas PGI e IDH y Palmar con la isoenzima MDH; sin embargo, está última presenta un PI similar a Araure 4 con las enzimas PGI e IDH, lo cual permitiría con ambas variedades determinar la presencia de contaminación en los geles.

En la Figura 4 se presenta el PI y diagrama de interpretación del primer grupo de 25 plántulas individuales de la SR de Araure 4, evaluadas con las isoenzimas PGI e IDH. En la Figura 5, se muestra el grupo complementario de 25 plántulas, evaluadas sobre un segundo gel con las mismas enzimas.

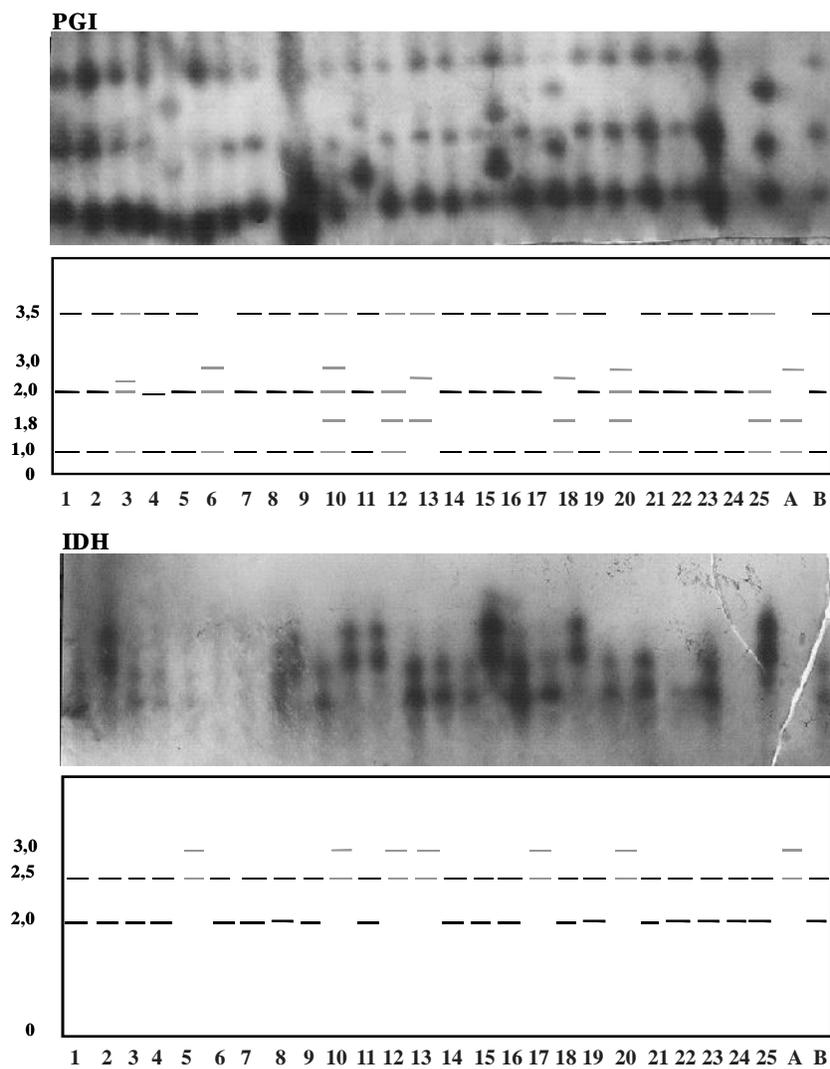
En las Figuras 4 y 5, se observa que en el primer gel usando PGI se detectó un contaminante y con la isoenzima IDH tres contaminantes. En el segundo gel se identificaron ocho contaminantes con la isoenzima PGI y seis con la isoenzima IDH; de los cuales cinco, fueron identificadas con ambas isoenzimas, por lo cual se contabilizaron una sola vez. De esta manera del total de las 50 plántulas evaluadas para la SR de Araure 4, en los dos geles, se encontraron 13 contaminaciones correspondiendo a un 26% de contaminación y con un intervalo de confianza ( $P < 0,05$ ) de 15,5 a 40%.



**FIGURA 3.** Patrón electroforético y diagrama de interpretación de las variedades de arroz: Araure 4 (A) y FONAIAP 1 (B) en las clases de semillas: Genética (1), Fundación (2), Registrada (3), Certificada (4) y la semilla informal (5) en una muestra conjunta de 50 plántulas para la enzima PGI, presentando en ambas variedades la banda de la contaminante (—).



**FIGURA 4.** Patrón electroforético y diagrama de interpretación de 25 plántulas individuales de la variedad de arroz Araure 4 en la clase de semilla Registrada para las isoenzimas PGI e IDH usando como testigo las variedades: Cimarrón (A) y Palmar (B) en la clase de semilla Genética, señalando las muestras contaminadas (—).



**FIGURA 5.** Patrón electroforético y diagrama de interpretación de 25 plántulas individuales de la variedad de arroz Araure 4 en la clase de semilla Registrada para las isoenzimas PGI e IDH usando como testigo las variedades: Cimarrón (A) y Palmar (B) en la clase de semilla Genética, señalando las muestras contaminadas (←).

Para FONAIAP 1 se encontraron en total tres contaminantes en un solo gel, detectados por ambas enzimas (Figura 6). Este resultado indicó que en la SI de FONAIAP 1, tuvo 8% de contaminación genética con un rango de confiabilidad entre 0,45 y 15,5%.

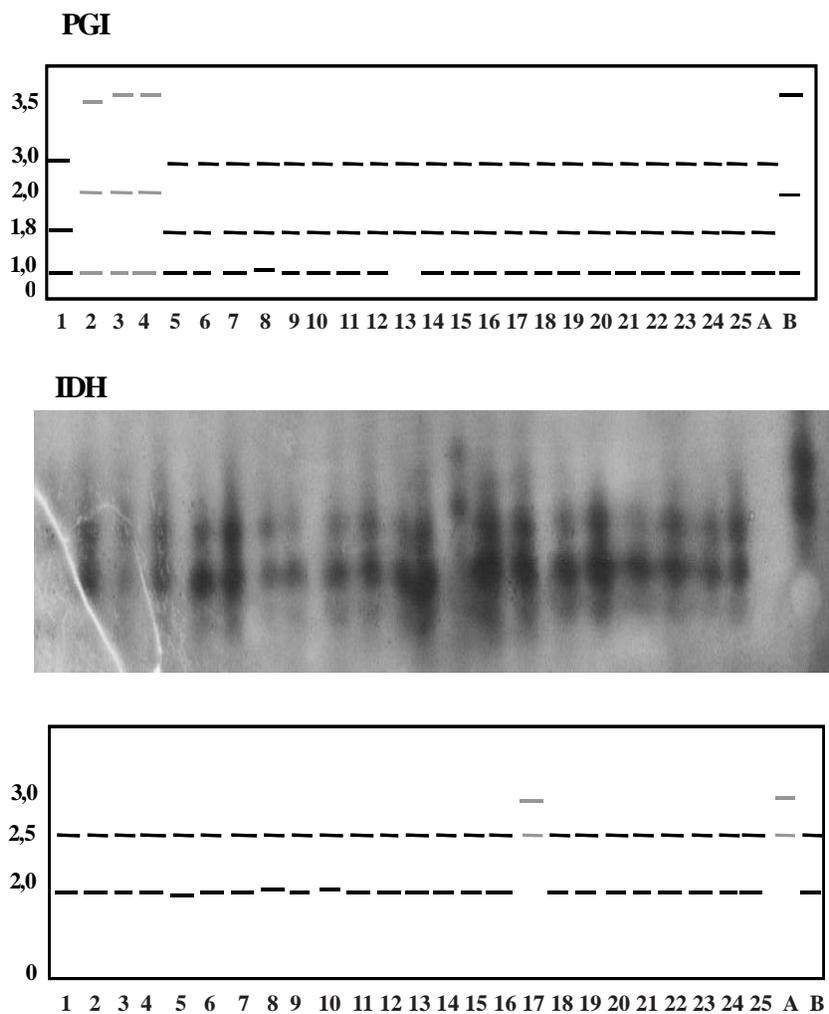
Fue interesante la comprobación que los contaminantes detectados en Araure 4 y FONAIAP 1, presentaron PI diferentes a los de Cimarrón y Palmar. Este hecho hace presumir que tales contaminantes podrían corresponder a plántulas de ‘arroz rojo’ o de otras variedades mezcladas física o genéticamente en alguna fase del proceso de certificación, a pesar de que no se obtuvieron patrones híbridos definidos provenientes de cruces entre plantas, pues todas las plantas se comportaron de forma similar a los patrones de plantas homocigotas. En todo caso, la presencia de tales contaminantes desconocidos, confirma la conveniencia de complementar las descripciones morfométricas, con la caracterización de los PI de las variedades que participan en el proceso de certificación de semillas, para garantizar la pureza genética de la semilla certificada de arroz.

A la luz de los resultados obtenidos, se observó que efectivamente existen diferencias en algunas variedades entre sus clases de semillas y sus respectivas semillas genéticas, debidas principalmente a contaminaciones físicas o genéticas ocurridas en alguna fase del proceso de multiplicación (certificación), lo cual debería ser seriamente considerado por las empresas oficiales propietarias de las variedades, las empresas privadas productoras de semillas, los equipos de control cualitativo de cada empresa productora y los inspectores de semillas garantes del proceso de certificación.

## CONCLUSIONES

### **De los resultados obtenidos, se concluye que:**

- La consistencia de los patrones isoenzimáticos de las variedades evaluadas y sus clases de semilla, demostraron que los informes sobre “erosión” de la pureza genética de las variedades comerciales de arroz carecen de base científica y son altamente especulativos.
- La desviación del patrón isoenzimático de algunos lotes de semilla, respecto al patrón de su semilla genética original, estuvieron asociadas con contaminaciones debidas al manejo inadecuado de la semilla



**FIGURA 6.** Patrón electroforético y diagrama de interpretación de 25 plántulas individuales de la variedad de arroz FONAIAP 1 en la semilla informal para las isoenzimas PGI e IDH usando como testigo las variedades: Cimarrón (A) y Palmar (B) en la clase de semilla Genética, señalando las muestras contaminadas (—).

durante las diversas fases del proceso de multiplicación y/o procesamiento de semillas.

- La técnica de electroforesis, sola o en combinación con el uso de descriptores morfométricos, representa un método consistente para validar la pureza e identidad genética de las variedades de arroz y sus respectivas clases de semillas.

### AGRADECIMIENTO.

A la empresa de semillas Aproscello e INIA-Barinas, por el suministro de la semilla utilizada y el asesoramiento oportuno para el manejo de las fases críticas del cultivo.

### SUMMARY

Seed certification is a system based upon a multiplication of a limited number of generations to assure the genetic identity of improved cultivars. The 1996 survey on the Venezuelan rice industry, reported crop limitations associated with the genetic purity and overall quality of certified rice seed utilized at the market place. The objective of this research was to determine and quality contamination of the genetic purity of the four classes of rice seed: Breeder (BS), Foundation (FS), Registered (RS) and Certified (CS), all belonging to the seed certification system of rice, as well as "non certified seed" (NCS) coming from the illegal rice market. Also a new method was designed and validated to quantify the genetic contamination levels of seeds. This method, applied to all samples of varieties and seed classes, showed 28 and 8% of contamination for RS of Araure 4 and NCS of FONAIAP 1, when compared to their original BS profile. These results demonstrated that the previously reported levels of contamination were associated with red rice weed, due to mismanagement of seed production fields or mechanical mixtures during seed processing, rather than a truly genetic erosion of commercial varieties. Electrophoresis by itself or in combination with morphometric evaluations proved to be a consistent method to validate identity and genetic purity of rice varieties and their classes of certified seed.

**Key Words:** *Oryza sativa* L.; rice; seed quality; seed certification; electrophoresis; isoenzymes.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARAULLO, E. V., D. B. DE PADUA and M. GRAHAM. 1976. Rice postharvest technology. International Development Research Center. Ottawa, Canadá. 394 p.
- GEPTS, P. and D. DEBOUCK. 1991. Origen, domestication and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **In:** A. Van Schoonhoven and O. Voysest [ed]. Common beans research for crop improvement. CAB. Int. Wallingford, UK. and CIAT, Calí, Colombia. p. 7-53.
- GLASZMANN, J., B. J. DE LOS REYES and G. KHUSH. 1988. Electroforetic variation of isozymes in plumules of rice (*Oryza sativa* L.) a key to the identification of 76 alleles at loci. IRPS N° 134. p. 1-13.
- GONZALEZ J., L. DOUGLAS y O. AREGOCES. 1985. Producción y beneficio de semilla certificada de arroz. **In:** Tascos, J; García D (comp.) Arroz. Investigación y producción. Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo. Centro Nacional de Agricultura Tropical (CIAT) Calí, Colombia.
- JOHNSON, D. 1982. Programas de semillas. Guía de Planeación y manejo. CIAT. Calí, Colombia. 357 p.
- LAVIGNALLE, R. 1996. El impacto de la protección de variedades vegetales en los países: la experiencia de Argentina; en: Seminario Regional para los Países Andinos sobre la Protección de las Obtenciones Vegetales. Quito- Ecuador.
- LUCCHESI, C., G. VENTURI, M. T. AMADUCCI and A. LOVATO. 2001. Electrophoretic polymorphism of *Cannabis sativa* L. cultivars: Characterisation and geographical classification. Seed Science and Technology 1(29):239-248.
- MARTINEZ, P. 1996. Situación del cultivo de arroz en Venezuela. Diagnóstico FUNDARROZ. Acarigua, estado Portuguesa. 211 pp.
- MEDINA, R., M. FALOCI, M. MARASSI y L. MROGINSKI. 2000. Análisis isoenzimático de plantas micropropagadas de arroz (*Oryza sativa* L.). Universidad Nacional de nordeste.

ORTIZ, A. 1997. Caracterización morfofisiológica y quimiotaxonómica de ecotipos de arroz rojo y variedades de arroz en Venezuela. Tesis de Maestría. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 117 p.

PARRA, P. 1994. Estudio de relaciones de parentesco entre líneas de *Phaseolus vulgaris* L. aplicando análisis electroforético mediante el uso de algunos marcadores biosistemático. Tesis Doctoral. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 85 p.

PAYNE, R. 1986. Variety Testing by Official (AOSA) Seed Laboratories. Journal of Seed Technology. 10(1):24-35.

SCHINKEL, C. and P. GEPTS. 1989. Alloenzyme variability in the Tepary Bean, *Phaseolus ocutifolius* A. Gras. Plant Breeding 102:182-195.

SENGUPTA, S. and N. C. CHATTOPADHYAY. 2000. Rice varietal identification by SDS-PAGE. Seed Science Technology. 3(28):871-873.

SMITH, J. S. and O. S. SMITH. 1992. Fingerprinting crop varieties. Ed. Sparks, D. Academic Press, INC. IN: Advances in Agronomy. 47:85-140.

TINARELLI, A. 1989. El arroz. II Ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 575 p.

WANG, L. 1989. Impurity prevention and stock renewal of parental lines of hybrid rice. Philippines. IRRI. p.273.

ZDENĚK, P. and M. GRIGA. 2000. Utilization of isoenzyme polymorphism for cultivar identification of 45 commercial peas (*Pisum sativum* L). International Journal of Plant Breeding. Kluber Academic Publishers. Euphytica N° 3. 113:251-258.

## ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO Y POTENCIAL AGRONÓMICO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ DE ALTA CALIDAD DE PROTEÍNA (QPM) EN VENEZUELA

Félix M. San Vicente G.\*, Carlos Marín R.\*\* y Dayzi Díaz\*\*

### RESUMEN

El uso de harina de maíz, *Zea mays* L., de alta calidad de proteína (QPM) podría contribuir a reducir el déficit nutricional de la población venezolana. Con el objeto de determinar la estabilidad del rendimiento y potencial agronómico de híbridos de maíz QPM en Venezuela, fueron evaluados siete híbridos QPM y cinco híbridos testigos normales en 18 localidades durante el año 2001. El diseño experimental fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y la parcela experimental estuvo constituida por dos surcos de 5 m de largo separados a 70 cm. Las características evaluadas incluyeron rendimiento en grano, floración femenina, altura de planta y mazorca, acame de tallo, aspecto de mazorca, dureza de grano y porcentaje de humedad. Para el rendimiento, el análisis de varianza según el modelo AMMI, reveló que la interacción genotipo x ambiente fue altamente significativa. El componente principal 1 (CP-1) explicó el 35,0% de la suma de cuadrados de la interacción genotipo x ambiente. Seis híbridos (INIA QPM-6, INIA QPM-2, INIA QPM-4, INIA QPM-22, INIA QPM-20 y INIA QPM-18) superaron al mejor testigo comercial (HIMECA-2000), sobresaliendo los híbridos INIA QPM-6 (G3), INIA QPM-2 (G1) e INIA QPM-4 (G2), los cuales forman un grupo bastante homogéneo. Los híbridos con menores valores para el CP-1, y que por ende presentaron mejor estabilidad, fueron INIA QPM-14, INIA -4, CARGILL-114 e INIA QPM-22. Excepto INIA QPM-22, todos estos híbridos presentaron rendimiento por debajo de la media general. El híbrido INIA-QPM-2 presentó características agronómicas superiores, destacando la inserción de la mazorca y la dureza del grano. Los resultados obtenidos reflejan la potencialidad de tres híbridos QPM para producción comercial en Venezuela.

**Palabras Clave:** *Zea mays* L.; maíz; QPM; híbridos; estabilidad; modelo AMMI.

---

\* Investigador V y \*\* Técnicos Asociados a la investigación. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas (CENIAP). Apdo. 4653. Maracay, estado Aragua. Venezuela. E-mail: fsanvicente@inia.gov.ve

RECIBIDO: junio 06, 2005.

## INTRODUCCIÓN

El maíz, *Zea mays* L., proporciona una cantidad importante de la ingesta de calorías (17%) y proteínas (10%) de la población venezolana. Este aporte es aún más significativo en los sectores más deprimidos de la población, donde el maíz es una fuente alimenticia primordial. El problema es que las dietas basadas en maíz carecen de dos aminoácidos esenciales (lisina y triptófano), que no pueden ser sintetizados por el hombre y animales monogástricos y son necesarios para prevenir la desnutrición.

Los problemas mencionados fueron resueltos en los años 60 con el descubrimiento de los genes mutantes *opaco-2* y *harinoso-2* en la proteína del endospermo del maíz (Mertz *et al.*, 1964). Desgraciadamente, en los trabajos iniciales de conversión de materiales normales a “opacos” mediante la incorporación del gen *opaco-2*, resultaron en maíces con granos de características indeseables, de menor peso (10-15% menos) que los normales, de apariencia opaca, suaves y susceptibles a hongos causantes de pudrición de mazorca (Vasal, 2000). Esto ocasionó que todas las actividades en conversión de maíces de calidad de proteína fuesen abandonadas. El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) continuó las investigaciones y logró la incorporación de genes modificadores del fenotipo del endospermo en maíz (Bjarnason y Vasal, 1992; Vasal, 1977; Lopes y Larkins, 1994). Esto convirtió los granos de apariencia suave y opacos en granos de tipo normal a los que se denominó maíces con alta calidad de proteína, o “QPM” (quality protein maize).

El grano de los cultivares QPM contiene entre 70 y 100% más de los aminoácidos esenciales, lisina y triptófano, que los cultivares normales. Estos cultivares tienen la misma apariencia e igual sabor del maíz normal, pero el valor nutritivo de su proteína es casi equivalente al de la caseína de la leche de vaca. Los beneficios de altos niveles de estos aminoácidos en nutrición humana, especialmente en niños, y en nutrición de animales monogástricos han sido bien documentados (Pradilla *et al.*, 1977; Bressani, 1969; Bressani, 1977; Luna-Jaspe *et al.*, 1971; Maner, 1977). En cuanto a la alimentación infantil, los resultados coinciden en indicar que las proteínas del maíz opaco-2 tienen el equivalente a 90% del valor proteínico de la leche y que 10 gramos de maíz opaco-2 /kilo de peso / día son suficientes para satisfacer el mínimo de aminoácidos esenciales (Bressani, 1977).

En Venezuela, el Ministerio de Ciencia y Tecnología estima que 25% de la población infantil sufre de desnutrición (MCT,2000). El maíz de alta calidad de proteína brinda a los pobres un medio para mejorar su dieta y por ende su salud y bienestar. Resulta más fácil y más barato hacer que el maíz sea más nutritivo, que cambiar o complementar la dieta. El uso de maíz de QPM contribuiría a corregir el déficit nutricional actual de la población venezolana, logrando alcanzar niveles apropiados de seguridad alimentaría en el mediano plazo.

El insumo tecnológico principal para lograr la producción de harina precocida de alta calidad de proteína lo constituye la semilla mejorada de cultivares (variedades e híbridos). En Venezuela, la Fundación DANAC y el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) han sido las instituciones involucradas en el desarrollo de híbridos de maíz QPM. La Fundación DANAC, inició la evaluación de híbridos QPM en el año 1999, logrando la liberación del híbrido D-QPM1 en el año 2002 (Chassaigne, 2002).

Por otro lado, El INIA inició en el año 2001 un proyecto de investigación en cooperación con CIMMYT y la Asociación de Productores Rurales del estado Portuguesa (ASOPORTUGUESA) con la finalidad de evaluar y desarrollar híbridos de maíz QPM. Durante el ciclo de invierno de ese año fue efectuada la primera evaluación en múltiples localidades de híbridos de maíz QPM. Los objetivos de este trabajo fueron determinar la estabilidad del rendimiento y el potencial agronómico de híbridos de maíz QPM en Venezuela.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Siete híbridos (2 simples y 5 de 3 líneas) con endospermo QPM provenientes del programa de maíz tropical del CIMMYT, fueron evaluados junto con 5 híbridos testigos de endospermo normal, en 18 localidades de Venezuela distribuidas en los estados Portuguesa, Apure, Barinas, Yaracuy, Guárico, Monagas y Aragua. Los híbridos y localidades utilizados están descritos en el Cuadro 1.

Todos los ensayos fueron sembrados en la época de lluvias del año 2001. El diseño experimental fue un bloques completos al azar con 4 repeticiones por localidad. La unidad experimental estuvo constituida por 2 hileras de 5 m, con un espacio de 20 cm entre plantas y 70 cm entre hileras, lo que representó una densidad de siembra aproximada de 74 000 plantas por hectárea.

**CUADRO 1.** Híbridos y localidades utilizados en el ensayo.

| Entrada | Híbridos      |                               |     | Localidades      |            |  |
|---------|---------------|-------------------------------|-----|------------------|------------|--|
|         | Nombre        | Descripción                   | Nº  | Localidad        | Estado     |  |
| G1      | INIA QPM-2    | QPM (Híbridos de tres líneas) | L1  | Turén            | Portuguesa |  |
| G2      | INIA QPM-4    | QPM (Híbridos de tres líneas) | L2  | Agua Blanca      | Portuguesa |  |
| G3      | INIA QPM-6    | QPM (Híbridos de tres líneas) | L3  | Sabana del Medio | Portuguesa |  |
| G4      | INIA QPM-14   | QPM (Híbridos de tres líneas) | L4  | Sabaneta I       | Barinas    |  |
| G5      | INIA QPM-18   | QPM (Híbridos de tres líneas) | L5  | Santa Rosa       | Barinas    |  |
| G6      | INIA QPM-20   | QPM (Híbridos simple)         | L6  | Punta Gorda      | Barinas    |  |
| G7      | INIA QPM-22   | QPM (Híbridos simple)         | L7  | Guarabao         | Yaracuy    |  |
| G8      | INIA-4        | Testigo normal experimental   | L8  | Camunare         | Yaracuy    |  |
| G9      | CARGILL-114   | Testigo normal comercial      | L9  | Yaritagua        | Yaracuy    |  |
| G10     | PIONEER-30F94 | Testigo normal comercial      | L10 | El Socorro       | Guárico    |  |
| G11     | FONAIAP-2004  | Testigo normal experimental   | L11 | Tucupido         | Guárico    |  |
| G12     | HIMECA-2000   | Testigo normal comercial      | L12 | Las Peñitas I    | Aragua     |  |
|         |               |                               | L13 | Maracay          | Aragua     |  |
|         |               |                               | L14 | La Morita III    | Apure      |  |
|         |               |                               | L15 | La Morita II     | Apure      |  |
|         |               |                               | L16 | San Nicolás      | Portuguesa |  |
|         |               |                               | L17 | Sabaneta II      | Barinas    |  |
|         |               |                               | L18 | Las Peñitas      | Aragua     |  |

Se sembraron 2 semillas por punto y luego se raleó, dejando solamente una planta. Datos fueron registrados para floración femenina (número de días desde la siembra hasta que 50% de las plantas en la parcela presentaron estigmas), altura de planta (medida en cm desde la superficie del suelo hasta la inserción de la hoja bandera), altura de mazorca (medida en cm desde la superficie del suelo hasta la inserción de la primera mazorca), acame de tallo (porcentaje de plantas con tallos quebrados debajo de la mazorca), aspecto de mazorca (escala de 1-5, donde 1= excelente y 5=muy pobre), dureza de grano (escala de 1-5, donde 1=duro y 5=dentado) y rendimiento en grano (peso de grano en t ha<sup>-1</sup>, ajustado al 14% de humedad).

Todos los ensayos fueron sembrados y cosechados manualmente y el manejo agronómico fue el recomendado para el cultivo en cada una de las localidades. Las medias de cada parcela fueron utilizadas para calcular los análisis de varianza por localidad (datos no mostrados) y a través de las 18 localidades, utilizando PROC GLM (SAS Institute Inc., v. 8.2, 2003). Para los análisis de varianza, las localidades y las repeticiones fueron considerados efectos aleatorios y los genotipos efectos fijos. La interacción genotipo x ambiente fue estudiada utilizando el modelo de Efectos Principales Aditivos e Interacciones Multiplicativas (AMMI) descrito por Crossa *et al.* (1990).

El modelo propuesto es el siguiente:

$$\gamma_{ge} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum_{n=1}^N \lambda_n \gamma_{gn} \delta_{en} + \rho_{ge}$$

donde:

- $\gamma_{ge}$  = rendimiento promedio de un genotipo g en un ambiente e;
- $\mu$  = media general;
- $\alpha_g$  = desviaciones de las medias de los genotipos;
- $\beta_e$  = desviaciones de las medias de los ambientes;
- N = número de Componentes Principales (CP) retenidos en el modelo;
- $\lambda_n$  = valor singular para cada CP;
- $\gamma_{gn}$  = valores de los vectores de los genotipos para cada CP;
- $\delta_{en}$  = valores de los vectores de los ambientes para cada CP;
- $\rho_{ge}$  = residual.

El índice de superioridad y estabilidad ( $P_i$ ) propuesto por Lin y Binns (1994), también fue utilizado como una medida para describir la interacción genotipo x ambiente. El potencial de cada híbrido fue comparado con el máximo rendimiento observado en cada ensayo; de acuerdo al siguiente fórmula:

$$P_i = \frac{\sum (\bar{X}_{ij} - \text{Max}_j)^2}{2N}$$

donde:

$P_i$  = Índice de superioridad y estabilidad del genotipo  $i$ ;  
 $N$  = Número de localidades o ambientes evaluados;  
 $X_{ij}$  = Rendimiento promedio del genotipo  $i$  en la localidad  $j$ ;  
 $M_j$  = Rendimiento promedio máximo en la localidad  $j$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis combinado de varianza para el rendimiento en grano, de acuerdo al modelo AMMI, es presentado en el Cuadro 2. El efecto de genotipo fue altamente significativo ( $P < 0,01$ ) y el efecto principal de localidad contribuyó mayormente a la variación total. La interacción genotipo x ambiente fue altamente significativa, indicando que los híbridos están influenciados de manera diferente por el efecto ambiental.

El componente principal 1 (CP-1) explicó el 35,0% de la suma de cuadrados de la interacción genotipo x ambiente con el 14% de los grados de libertad. Es importante señalar que existió una proporción considerable (alrededor de 41%) de variación debida a la interacción genotipo x ambiente, que no pudo ser explicada por el modelo, lo cual demuestra la alta complejidad de este factor.

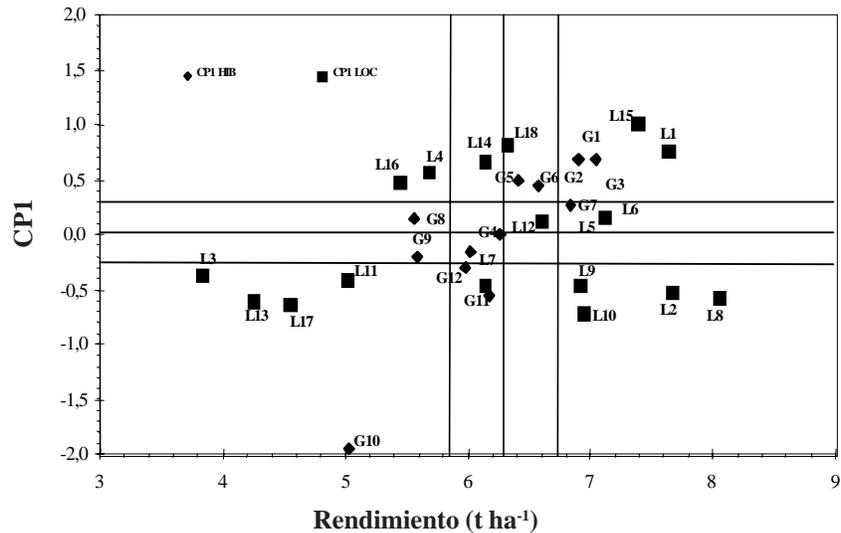
No existen estudios en el país sobre estabilidad del rendimiento de híbridos de maíz QPM. Sin embargo, en algunos estudios previos de estabilidad del rendimiento en maíz normal, el modelo AMMI logró explicar una mayor proporción de la variación debida a la interacción genotipo x ambiente (Marín, 1995; Cabrera *et al.*, 1997; Cabrera *et al.*, 2001). Estos resultados contrastantes podrían estar determinados por la diversidad de genotipos y de localidades utilizados en los distintos estudios. El rendimiento promedio del ensayo fue de 6,27 t ha<sup>-1</sup>, con un coeficiente de variación de 14,0% (Cuadro 2).

**CUADRO 2.** Análisis AMMI para el rendimiento de grano ( $t\ ha^{-1}$ ) de la evaluación de 12 híbridos en 18 localidades de Venezuela, año 2001.

| Fuente de variación | Grados de Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrados Medios |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| Localidad (L)       | 17                 | 1 267,83          | 74,58**          |
| Repetición /L       | 54                 | 129,59            | 2,40**           |
| Genotipo (G)        | 11                 | 343,76            | 31,25**          |
| G x L               | 187                | 407,50            | 2,18**           |
| CP-1                | 27                 | 142,78            | 5,29**           |
| CP-2                | 25                 | 95,61             | 3,82**           |
| Residual            | 135                | 169,10            | 1,25**           |
| Error               | 594                | 451,19            | 0,76             |
| Total               | 863                | 2 599,87          | 3,01             |
| Media               | 6,27               |                   |                  |
| CV (%)              | 14,0               |                   |                  |

En la Figura, están representados los rendimientos promedio y valores AMMI para las localidades e híbridos evaluados. El rendimiento promedio fluctuó entre localidades, de  $3,84\ t\ ha^{-1}$  en Sabana del Medio, estado Portuguesa (L3) a  $8,06\ t\ ha^{-1}$  en Camunare, estado Yaracuy (L8). Para los genotipos, el máximo rendimiento ( $7,09\ t\ ha^{-1}$ ) fue registrado por G3 (INIA QPM-6) y el mínimo por G10 (PIONEER-30F94). Seis híbridos (G3, G1, G2, G7, G6 y G5) superaron al mejor testigo comercial (G12), sobresaliendo los híbridos INIA QPM-6 (G3), INIA QPM-2 (G1) e INIA QPM-4 (G2), los cuales forman un grupo bastante homogéneo.

Los híbridos con menores valores para el CP-1, y que por ende presentaron mejor estabilidad a través de las 18 localidades de Venezuela, fueron G4, G8, G9 y G7. Excepto G7, todos estos híbridos presentaron rendimiento por debajo de la media general. Estos resultados son similares a los señalados por Cabrera *et al.* (2001), quienes utilizando el modelo AMMI para evaluar la estabilidad de 20 híbridos de maíz normal en 13 localidades de Venezuela, encontraron que 4 de los 9 híbridos más estables presentaron rendimiento por debajo de la media general.



**FIGURA.** Estabilidad del rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ) de 12 híbridos de maíz evaluados en 18 localidades de Venezuela, año 2001.

Otros estudios realizados en el país y en América Latina también confirman esta tendencia general a una relación inversa entre el rendimiento y la estabilidad (Marín, 1995; Brizuela, 1997; Cabrera *et al.*, 1997; Córdova, 1991). Por supuesto, existen híbridos que son la excepción y alcanzan altos rendimientos y amplia estabilidad en gran número de ambientes.

De acuerdo a los valores AMMI, las localidades Las Peñitas 1, Aragua (L12), Santa Rosa, Barinas (L5) y Punta Gorda, Barinas (L6) presentaron menor interacción con los genotipos, por lo que se consideran ambientes neutrales. Las localidades Agua Blanca, Portuguesa (L2), Turén, Portuguesa (L1) y Camunare, Yaracuy (L8) presentaron el mayor potencial de producción. Las localidades Sabaneta, Barinas (L17), El Socorro, Guárico (L10), Las Peñitas 2, Aragua (L18) y La Morita II, Apure (L15), posibilitan discriminar genotipos de acuerdo a los mayores valores AMMI que presentaron, y deben ser consideradas como localidades claves para futuras evaluaciones.

Seis híbridos QPM presentaron rendimientos superiores a la media general del ensayo (6,27 t ha<sup>-1</sup>). Entre estos materiales, los híbridos INIA-QPM-20, INIA-QPM-2, e INIA-QPM-6 registraron los menores valores de  $P_i$ , indicando que presentan un comportamiento cercano al rendimiento máximo a través de las 18 localidades y por lo tanto serían considerados los de mayor potencial (Cuadro 3). El mejor testigo experimental (FONAIAP-2004), se ubicó dentro de los materiales con buen potencial, mientras que el peor testigo registró el mayor valor de  $P_i$ . Estos resultados coinciden con los del análisis AMMI en la identificación de los híbridos con mayor potencial de rendimiento.

**CUADRO 3.** Media (t ha<sup>-1</sup>), índice de superioridad respecto a la media general y respecto al valor máximo de cada localidad ( $P_i$ ) de los 12 híbridos evaluados.

| Híbridos                  | Media<br>(t ha <sup>-1</sup> ) | Superioridad<br>(%MG) | $P_i$ * |
|---------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------|
| INIA QPM-6 (G3)           | 7,09                           | 113                   | 5,6     |
| INIA QPM-2 (G1)           | 7,05                           | 112                   | 5,9     |
| INIA QPM-4 (G2)           | 6,91                           | 110                   | 6,1     |
| INIA QPM-22 (G7)          | 6,84                           | 109                   | 6,2     |
| INIA QPM-20 (G6)          | 6,58                           | 105                   | 5,3     |
| INIA QPM-18 (G5)          | 6,41                           | 102                   | 5,7     |
| FONAIAP-2004 (G11)        | 6,17                           | 99                    | 5,0     |
| INIA QPM-14 (G4)          | 6,02                           | 96                    | 6,5     |
| HIMECA-2000 (G12)         | 5,98                           | 95                    | 5,6     |
| CARGILL-114 (G9)          | 5,59                           | 89                    | 6,2     |
| INIA-4 (G8)               | 5,57                           | 89                    | 5,8     |
| PIONEER-30F94 (G10)       | 5,03                           | 80                    | 7,4     |
| <b>Media General (MG)</b> | <b>6,27</b>                    |                       |         |

\* Lin y Binns (1994)

En el Cuadro 4, se presentan las medias de los principales caracteres agronómicos de los 12 híbridos evaluados. Como se mencionó anteriormente, seis híbridos (INIA QPM-2, INIA QPM-4, INIA QPM-6, INIA QPM-18, INIA QPM-20, e INIA QPM-22) superaron significativamente en rendimiento al mejor testigo comercial (HIMECA-2000). Cabe destacar, los híbridos INIA QPM-6, INIA QPM-2 e INIA QPM-4 con rendimiento alrededor de 7,0 t ha<sup>-1</sup>, altura de planta intermedia y excelente dureza de grano, que los hacen apropiados para la producción comercial en Venezuela.

**CUADRO 4.** Características agronómicas de 12 híbridos de maíz evaluados en 18 localidades de Venezuela, año 2001.

| Híbrido              | FF<br>(días) | AP<br>(cm) | AM<br>(cm) | ACAME<br>(%) | REND.<br>(t ha <sup>-1</sup> ) | AASPM<br>(1-5) | URG<br>(1-5) |
|----------------------|--------------|------------|------------|--------------|--------------------------------|----------------|--------------|
| INIA QPM-6 (G3)      | 54           | 239        | 127        | 23           | 7,09                           | 2,7            | 2,6          |
| INIA QPM-2 (G1)      | 56           | 236        | 120        | 23           | 7,05                           | 2,4            | 2,2          |
| INIA QPM-4 (G2)      | 55           | 238        | 122        | 21           | 6,91                           | 2,5            | 2,4          |
| INIA QPM-22 (G7)     | 55           | 242        | 142        | 22           | 6,84                           | 2,5            | 2,0          |
| INIA QPM-20 (G6)     | 55           | 231        | 120        | 13           | 6,58                           | 2,6            | 3,0          |
| INIA QPM-18 (G5)     | 55           | 221        | 112        | 23           | 6,41                           | 2,7            | 3,3          |
| FONAIAP-2004 (G11)   | 58           | 250        | 146        | 18           | 6,17                           | 2,6            | 2,1          |
| INIA QPM-14 (G4)     | 55           | 230        | 135        | 35           | 6,02                           | 2,4            | 1,9          |
| HIMECA-2000 (G12)    | 57           | 247        | 145        | 24           | 5,98                           | 3,0            | 2,8          |
| CARGILL-114 (G9)     | 57           | 213        | 117        | 21           | 5,59                           | 2,9            | 2,9          |
| INIA-4 (G8)          | 57           | 241        | 133        | 35           | 5,57                           | 2,9            | 2,1          |
| PIONEER-30F94 (G-10) | 57           | 243        | 139        | 17           | 5,03                           | 2,6            | 2,4          |
| Media                | 56           | 236        | 130        | 23           | 6,27                           | 2,7            | 2,5          |
| MDS (0,05)           | 0,5          | 4,6        | 3,9        | 3,8          | 0,28                           |                |              |
| CV (%)               | 2,8          | 7,7        | 8,3        | 8,3          | 14,0                           |                |              |

FF= Floración femenina, AP= Altura de planta, AM = Altura de mazorca, ACAME = Acame total, REND= Rendimiento en grano, ASPM = Aspecto de mazorca, DURG = Dureza de grano.

En vista de estos resultados, el híbrido INIA QPM-2 fue inscrito en los ensayos regionales uniformes del Servicio Nacional de Semillas (SENASA) durante dos años consecutivos (2002 y 2003). El rendimiento promedio en ambos años estuvo alrededor de 6 500 kg ha<sup>-1</sup>, alcanzado 97% del promedio del ensayo (alrededor de 6 700 kg ha<sup>-1</sup>). Para el ciclo 2002 fueron sembradas 65 ha del híbrido INIA QPM-2 en el estado Portuguesa. El tamaño de las parcelas osciló entre 1,0 y 22,0 ha; y el rendimiento promedio fue de 4 791 kg ha<sup>-1</sup> (San Vicente *et al.*, 2003). En el año 2004, el SENASA otorgó la elegibilidad a certificación al híbrido INIA QPM-2.

### CONCLUSIONES

- El estudio de la interacción genotipo x ambiente permitió identificar un grupo de genotipos de rendimiento superior, pero de baja estabilidad. Excepto el híbrido INIA QPM-22, los genotipos más estables presentaron rendimiento inferior a la media general.
- Los tres híbridos con mayor rendimiento (INIA QPM-2, INIA QPM-4 e INIA QPM-6) superaron la media general en al menos 10% y exhibieron mayor potencial de acuerdo al índice P<sub>i</sub>.
- Los resultados obtenidos reflejan la potencialidad de tres híbridos QPM para producción comercial en Venezuela.
- El híbrido INIA-QPM-2 sobresalió por sus características agronómicas superiores, destacando la inserción de la mazorca y la dureza del grano.

### AGRADECIMIENTOS

El autor principal agradece a Víctor Segovia, Sol Medina, Rubén Silva, Samuel Cabrera, Pedro García, Pedro Monasterio, Gleenys Alejos, Ygiana Bolívar, Antonio Díaz y Pedro Salazar por el apoyo en la conducción de los ensayos en las distintas regiones del país.

### SUMMARY

High quality protein maize (QPM) flour could contribute to reduce nutritional deficiency of Venezuelan population. In order to determine

yield stability and agronomic potential of QPM hybrids in Venezuela, seven QPM hybrids and five normal checks were evaluated in 18 locations during 2001. The experimental design was a randomized complete block design with four reps and the experimental plot consisted of two five m long rows spaced 70 cm apart. Data were collected on a plot basis for days to silk, plant and ear height, stalk lodging, grain yield, ear aspect as well as grain texture and moisture. For grain yield, the AMMI model analysis of variance, indicated that the genotype x environment interaction was highly significant. The principal component 1 (PC-1) explained 35,0% of the genotype x environment interaction sum of squares. Six hybrids (INIA QPM-6, INIA QPM-2, INIA QPM-4, INIA QPM-22, INIA QPM-20 y INIA QPM-18) outyielded the best commercial check (HIMECA-2000). Hybrids INIA QPM-6 (G3), INIA QPM-2 (G1) and INIA QPM-4 (G2) stand out and form a very homogeneous group. The hybrids with lower scores for the PC-1, and therefore more stable, were INIA QPM-14, INIA -4, CARGILL-114 and INIA QPM-22. These four hybrids yielded less than the general mean, except for INIA QPM-22. The hybrid INIA-QPM-2 had superior agronomic performance, especially ear position and grain texture. Results indicate the potential of three QPM hybrids for commercial production in Venezuela.

**Key Words:** Maize; QPM; hybrids; stability; AMMI model.

## BIBLIOGRAFÍA

BJARNASON, M. and VASAL, S.K. 1992. Breeding of quality protein maize (QPM). *Plant Breed. Res.*, 9: 181-216.

BRESSANI, R. 1969. Amino acid supplementation of cereal grain flours tested in children. **In:** N.S. Scrimshaw y A. M. Altschul (eds.). *Amino acid fortification of protein foods*. MIT Press, Cambridge, Mass., pp. 184-204.

BRESSANI, R. 1977. Mejoramiento de las dietas basándose en maíz enriquecido con aminoácidos y proteínas suplementarios. **In:** *Maíz de alta calidad proteica*. Ed. Limusa. México, pp. 41-61.

BRIZUELA, L. 1997. Evaluación de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) de grano blanco y amarillo en ambientes de Centro América, Panamá y el Caribe. *Síntesis de Resultados Experimentales del PRM 1993-1995*. CIMMYT-PRM. Guatemala 5:84-91.

CABRERA, S., C. MARÍN, P. ROMERO, L. HERNÁNDEZ, F. MORILLO y C. SÁNCHEZ. 1997. Análisis de estabilidad del rendimiento en híbridos de maíz (*Zea mays* L.), en zonas productoras de los estados Portuguesa y Barinas. Revista Científica de la Fundación para la Investigación Agrícola DANAC. <http://www.danac.org.ve>.

CABRERA, S., P. GARCÍA, F. MORILLO y C. SÁNCHEZ. 2001. Estabilidad del rendimiento de híbridos blancos de maíz (*Zea mays* L.) en diferentes zonas agroecológicas de Venezuela. Rev. Unell. Cien. Tec. 19:182-198.

CHASSAIGNE, A. 2002. Desarrollo de maíces especiales. **In:** S. Cabrera (ed.). IX Curso sobre producción de maíz. Araure, Venezuela. pp. 358-368.

CORDOVA, H. 1991. Estimación de parámetros de estabilidad para determinar respuesta de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) a ambientes contrastantes de Centro América, Panamá y México. Agronomía Mesoamericana 2:1-10.

CROSSA, J., H. G. GAUCH JR. and R. W. ZOBEL. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivars trials. Crop Sci. 30:493-500.

LIN, C. S., and M. R. BINNS. 1994. Concepts and methods of analyzing regional trial data for cultivar and location selection. Plant Breeding Reviews 12:271-297.

LOPES, M. and B. A. LARKINS. 1994. Genetic analysis of endosperm modification in quality protein maize. **In:** B. A. Larkins y E. T. Mertz (eds.). Proceedings of the International Symposium on Quality Protein Maize. Sete Lagoas, Brasil, pp. 149-174.

LUNA-JASPE, G. H., J. O. M PARRA, C. R. BERNAL y S. P DE SERRANO. 1971. Comparación de la retención de nitrógeno en niños alimentados con maíz común, maíz de gene opaco-2 y leche de vaca. I. Resultados con baja ingestión de proteína. Arch. Latinoamer. Nutr., 21:437-447.

MANER, J. H. 1977. La Calidad proteinica del maíz y la nutrición de porcinos. Maíz de alta calidad proteica. Ed. Limusa. México. pp. 63-87.

MERTZ, E. T., L. S. BATES and O. E. NELSON. 1964. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science*, 145: 279-280.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (MCT). 2000. Plan Nacional de Ciencia y Tecnología. pp. 22.

PRADILLA, A. G., D. HARPSTEAD, D. SARRIÁ, F. A. LINARES y C. A. FRANCIS. 1977. El maíz de alta calidad proteínica y la nutrición humana. *Maíz de alta calidad proteínica*. Ed. Limusa. México. pp. 30-39.

SAN VICENTE, F., V. SEGOVIA, S. CABRERA, P. GARCÍA, S. MEDINA, R. SILVA, Y. BOLÍVAR, P. MONASTERIO, G. ALEJOS, A. DÍAZ y A. MILLÁN. 2003. Comportamiento agronómico de híbridos y variedades de maíz QPM en Venezuela. **In:** Resúmenes Jornadas Tecnológicas I Congreso Agrícola FEDEAGRO. Caracas. Venezuela. pp. 12.

SAS Institute Inc. 2003. User's guide versión. 8.2. pp. 234.

VASAL, S. K. 1977. El uso de modificadores genéticos para obtener granos de tipo normal con el gene opaco-2. **In:** *Maíz de alta calidad proteínica*. Ed. Limusa. México. pp. 213-232.

VASAL, S. K. 2000. Desarrollo de híbridos con alta calidad de proteína (QPM). **In:** *I Curso Internacional Sobre Desarrollo de Híbridos y Producción de Semilla de Maíz*. Araure. Portuguesa. pp. 78-79.

## RENDIMIENTO DEL PIMENTÓN EN RESPUESTA AL COMPOST NUTRIBORA COMBINADO CON UN FERTILIZANTE MINERAL Y A DIFERENTES DISTANCIAS DE SIEMBRA<sup>1</sup>

Julio C. Rodríguez Reyes\*, Ángel E. Marcano Cumana\*\*  
y Nelson Montaña\*\*\*

### RESUMEN

NUTRIBORA (NB) es un compost elaborado con mezcla de tejido de *Eichhornia crassipes*, estiércol de ganado vacuno y suelo de morichales, el cual, a la dosis de 80 t ha<sup>-1</sup>, se logran incrementos en la producción de pimentón. En este trabajo se usó la dosis de este compost, combinada con un fertilizante mineral, para determinar el rendimiento del pimentón, *Capsicum annuum* L., a diferentes densidades de siembra. Se sembró el pimentón, cv. Júpiter. Se evaluaron los tratamientos T<sub>1</sub> (80 t ha<sup>-1</sup> NB +0,40 t ha<sup>-1</sup> 12-24-12 NPK, en suelo sembrado y fertilizado hace un año con el compost), T<sub>2</sub> (80 t ha<sup>-1</sup> NB + 0,4 t ha<sup>-1</sup> 12-24-12 NPK, en suelo sin previa siembra ni tratamiento), C<sub>1</sub> (Control: 0,4 t ha<sup>-1</sup> 12-24-12 NPK, en suelo sin previa siembra ni tratamiento) y C<sub>2</sub> (Control: 80 t ha<sup>-1</sup> NB, en suelo sin previa siembra ni tratamiento) y dos distancias de siembra entre plantas (0,20 y 0,40 m). Se aplicó el diseño estadístico de bloques al azar en arreglo factorial (4x2) con seis repeticiones. Los resultados indican que el contenido de P soluble y total en NB fue menor en relación a los demás macronutrientes; mientras que el K soluble y total presentaron la mayor concentración. Entre los micronutrientes totales y solubles, el Fe y Mn se encontraron en mayor concentración. El rendimiento de los frutos de pimentón varió significativamente entre los tratamientos diferenciándose a T<sub>1</sub> como el de mayor promedio; mientras que C<sub>2</sub> produjo el menor rendimiento (P<0,05). La producción de frutos a las distancias de siembras de 0,20 m fue significativamente mayor que la determinada a 0,40 m (P<0,05).

**Palabras Clave:** Abono orgánico; *Eichhornia crassipes*; pimentón; abono inorgánico; nutrientes.

---

<sup>1</sup> Trabajo financiado por el Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente (UDO), bajo Proyecto CI-2-1502-0760/96.

\* Profesor Asistente. UDO. Laboratorio de Recursos Acuático Instituto Limnológico. Caicara del Orinoco, estado Bolívar, \*\* Profesor Asistente. UDO. Departamento de Química. Escuela de Ciencias. Núcleo de Sucre. Cumaná, estado Sucre, \*\*\* Profesor Asociado. UDO. Escuela de Ingeniería Agronómica. Núcleo de Monagas. Maturín, estado Monagas. Venezuela.  
E-mail: juliorod58@cantv.net, marcanoang@hotmail.com y nelmon@cantv.net, respectivamente.

RECIBIDO: mayo 07, 2004.

## INTRODUCCIÓN

El pimentón, *Capsicum annuum* L., es una solanácea perenne, cultivada como anual (FONAIAP, 1995). La producción nacional se ha incrementado de 43 290 t a 82 994 t durante el período 1994 - 1999, creciendo a una tasa promedio de 11,8% y participando con 4,4% de la producción de hortalizas, raíces y tubérculos en 1999 (CCI, 2000).

Por su parte, Rodríguez (1991 y 1997) ha realizado un procedimiento práctico para aprovechar la biomasa de la cobertura de bora (*Eichhornia crassipes*) secada naturalmente en las márgenes de las lagunas de inundación del río Orinoco, estado Bolívar, Venezuela, y convertirla en abono orgánico (NUTRIBORA, NB) para ser utilizado principalmente en la producción de hortalizas y plantas ornamentales.

NUTRIBORA es un compost elaborado con mezcla de tejido de bora, estiércol de ganado y tierra de morichales en proporción respectiva de 39:20:6 y sometida a un proceso de descomposición aeróbica durante 55 días, presentando en éste período una coloración pardo-negruzca y una temperatura entre 27 y 30 °C (Rodríguez, 1997). Este producto no está patentado, sin embargo es comercializado a los pobladores de la localidad para fertilizar los suelos agrícolas en el cultivo intensivo de tomate ají y pimentón. Asimismo, para la siembra de árboles frutales y ornamentales.

La utilización del compost para enmendar los suelos agrícolas ha recuperado importancia en los últimos años a nivel mundial (Ruiz, 1996 y Nieto-Garibay *et al.*, 2002), con el propósito de mejorar las condiciones del suelo, principalmente aquellos que han sido deteriorados por el uso excesivo de agroquímicos y su sobre-explotación. Sin embargo, se ha demostrado que el uso combinado de fertilizantes orgánicos y minerales corrige la mayoría de los inconvenientes individuales y en algunos casos mejoran las ventajas, debido a que el abono orgánico contribuye a incrementar la retención de la humedad lo que aumenta la eficiencia del uso de los abonos inorgánicos, aumenta la disponibilidad de fósforo del suelo y de los fertilizantes minerales causados por la aplicación del compost y existe disponibilidad más inmediata de nutrientes de los fertilizantes minerales y liberación de nutrientes de los compost a más largo plazo, hay menor lavado de nutrientes y mayor actividad de los microorganismos del suelo (Dalzell *et al.*, 1991).

La fertilización del suelo con compost y abono inorgánico, el uso de variedades de hortalizas apropiadas, el riego, el control de plagas, enfermedades y malezas, contribuyen a que el agricultor incremente la producción agrícola, obteniendo cosechas de mejor calidad y un mayor beneficio económico. En éstas áreas, existen trabajos realizados por Thomas y Heilman (1964), Fernández (1977), Locascio y Fiskell (1979), Casseres (1994), Pire y Colmenarez (1994) y FONAIAP (1995).

En sus investigaciones, Vogtmann y Fricke (1989) y Valdtighi *et al.* (1996) obtuvieron un incremento en el rendimiento y calidad de tomate y chile (pimentón), entre otros, utilizando abono orgánico. Nieto-Garibay (2002) determinó que la dosis de 25 t ha<sup>-1</sup> es la más adecuada de un compost para el cultivo de chile (pimentón) en zonas áridas o semiáridas.

Rodríguez (1991 y 1997) produjo el compost NB y evaluó diferentes dosis en suelos franco arenoso, encontrando que con una dosis de 80 t ha<sup>-1</sup> es suficiente para lograr incrementos en la producción del cultivar de tomate y pimentón.

El estudio de la densidad de plantas en condiciones de una adecuada fertilización edáfica es importante en el pimentón, por ser una planta de crecimiento dicotómico con cuajados de frutos en los puntos de ramificación, donde la competencia por nutrimentos suele causar un desbalance entre las partes vegetativa y la reproductiva (Díaz *et al.*, 1999).

En el trabajo se evaluó el rendimiento del pimentón por efecto de la dosis de 80 t ha<sup>-1</sup> del compost NB combinada con un fertilizante mineral, y la densidad de plantas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras del compost NB fueron tomadas a los 120 días después del proceso de incubación (compostaje); mientras que las del suelo, fueron estudiadas al final del experimento según el procedimiento señalado por FONAIAP (1990).

Los análisis del compost NB y del suelo fueron realizados en el Laboratorio de Análisis Físico-Químico del Departamento de Química de la Escuela de Ciencias de la Universidad de Oriente, utilizando los siguientes métodos: La extracción del P disponible se realizó a través

del método de Bray y Kurtz (1945) determinándose colorimétricamente a través de la metodología de Murphy y Riley (1962).

Los elementos Ca, Mg y K se extrajeron con acetato de amonio, mientras que el Fe, Mn, Zn y Cu con una solución de DTPA, según los métodos de Chapman y Pratt (1961) y Lindsay y Norwell (1978), respectivamente. El K se evaluó por emisión de llama y el resto de los elementos por absorción atómica. En ambas técnicas se empleó un espectrofotómetro Perkin Elmer, modelo 3100.

Para cuantificar el contenido total de P, Ca, K, Mg Fe, Mn, Zn y Cu se realizó la digestión de 1 g de muestra, usando una mezcla ácida de  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y  $\text{HClO}_4$  (Jackson, 1964), y luego se determinó el P colorimétricamente, según el método de Barton, descrito por Jackson (1964). El resto de los elementos se evaluó utilizando las mismas técnicas empleadas para sus formas solubles.

El  $\text{NO}_3^-$  se determinó colorimetricamente mediante la formación del ácido nitrofenoldisulfónico (Jackson, 1964). El  $\text{NH}_4^+$  y el N total según el método descrito por Bremner (1965).

El pH se determinó en solución de KCl 1M en una relación de 1:2,5 usando un potenciómetro electrónico digital Corning 140. La materia orgánica (MO) o carbono orgánico fue calculada colorimétricamente por el método de combustión húmeda (Walkley y Black) modificado, descrito por FONAIAP (1990).

### **Semillero**

La investigación se desarrolló en un suelo de la localidad de Caicara del Orinoco, estado Bolívar, de textura franco arenoso (78% arena, 8% limo y 14% arcilla) y con pH ligeramente ácido (6,06), el cual fue recolectado por quintuplicado al azar (Parkinson *et al.*, 1971) entre 0 y 20 cm de profundidad en un área de 2000 m<sup>2</sup>.

Las plántulas se obtuvieron a partir de un semillero, el cual fue preparado en un suelo de textura franco arenoso, fertilizado con 80 t ha<sup>-1</sup> del compost NB y 500 kg ha<sup>-1</sup> de urea. El semillero se desinfectó con Basamid a razón de 25 g m<sup>-2</sup>. Quince días después de la desinfección se sembraron 3,5 g m<sup>-2</sup> de las semillas de pimentón, cv. Jupiter, con una pureza del 99%, producido por ASGROW, Vigopark Seed, empresa Asgrow Seeds,

USA. El semillero se regó dos veces al día hasta una semana antes del transplante donde se aplicó un riego por día.

### **Transplante**

La incorporación del compost, mezclado con el suelo hasta 25 cm de profundidad, y del fertilizante mineral se aplicó 15 días antes del transplante, con las dosis correspondientes a cada tratamiento:

| <b>TRATAMIENTO</b>               | <b>DOSIS</b>  |
|----------------------------------|---|
| <b>T<sub>1</sub></b>             | 80 t ha <sup>-1</sup> de compost NB + 0,4 t ha <sup>-1</sup> de abono NPK 12-24-12 fraccionado en 2 momentos: Siembra y aporque, en suelo sembrado y fertilizado hace un año únicamente con NB. |
| <b>T<sub>2</sub></b>             | 80 t ha <sup>-1</sup> de compost NB + 0,4 t ha <sup>-1</sup> de abono NPK 12-24-12 fraccionado en 2 momentos: Siembra y aporque, en suelo sin previa siembra ni tratamiento.                    |
| <b>Control 1 (C<sub>1</sub>)</b> | 0,4 t ha <sup>-1</sup> de abono NPK 12-24-12 fraccionado en 2 momentos: siembra y aporque, en suelo sin previa siembra ni tratamiento.  |
| <b>Control 2 (C<sub>1</sub>)</b> | 80 t ha <sup>-1</sup> de compost NB fraccionado en 2 momentos: siembra y aporque, en suelo sin previa siembra ni tratamiento.   |

El transplante se realizó a los 35 días después de la siembra, en horas de la tarde, en parcelas experimentales de 3 surcos de 6,0 m de largo y 0,80 m de separación entre las distancias de siembra entre plantas (0,20 y 0,40 m), correspondientes a densidades de siembra de 62 500 y 31 250 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El riego implementado fue por goteo, suministrando 3 l h planta. La temperatura ambiental y la humedad relativa oscilaron entre 34 y 38 °C y 53-64%, respectivamente. Las plantas se dispusieron en un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial (4 x 2), con 6 repeticiones, donde los factores correspondieron a las 4 dosis respectivas de los fertilizantes y las 2 distancias de siembras entre plantas.

En las plantaciones, el deshierbe fue manual, las trampas amarillas se utilizaron para controlar la presencia de las plagas de mayor ocurrencia: la mosca blanca, *Bemisia tabaci* y el pasado de la hoja, *Liromijza munda*. Para el control de áfidos, fue eficaz el uso de un plaguicida natural elaborado con una mezcla de ají picante, jabón azul y ajo disuelto en 2 galones de agua tibia y aplicándose cada 8 d (Carpio, 1993).

La propagación de enfermedades como la candelilla, causada por *Alternaria* sp. y *Phytophthora* sp., al inicio de la floración, se controló su propagación con la aplicación alternada de Dithane M-45, Manzate y Cobex a razón de 2 kg ha<sup>-1</sup> cada 10 d, adicionándose Agrotin Especial como adherente en una dosis de 0,5 cc por litro de solución del fungicida preparado (FONAIAP, 1995).

La recolección de los frutos se inició 80 días después del transplante, realizándose un total de 3 cosechas a intervalos de tiempo entre 10 d, aproximadamente. Se evaluó el rendimiento de frutos (t ha<sup>-1</sup>) sometiendo los datos a un análisis de varianza de dos vía (con réplicas), Modelo I, utilizando un paquete estadístico Software SGPLUS 4.1, que también incluye la comparación de los promedios según la prueba de rangos múltiples de Duncan (P<0,05).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se observa las cantidades totales solubles de los nutrimentos nitrogenados, P y K, del compost NB. El K total (3,22%) y soluble (2,36%) fue, entre los macronutrimentos, el que presentó la mayor concentración en el compost NB. Esto se debe a la rápida liberación de este nutrimento durante la descomposición de la MO, por su poca asociación al componente orgánico de los residuos vegetales y animales (Dalzell *et al.*, 1991).

El contenido de nitrógeno total (1,54%) y soluble: N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y N-NH<sub>3</sub> (0,010%) fue superior al de las concentraciones de fósforo total (0,55%) y soluble (0,0086%). Naturalmente, los residuos orgánicos de origen vegetal y animal que se utilizan para la elaboración de compost presentan bajos contenidos de fósforo y en conjunto con la probable fijación del fosfato, al adsorberse en los centros activos de la MO ó en las células de los microorganismos como una fuente de nutrición y necesaria para su reproducción durante el proceso de compostaje, contribuyen al bajo contenido del fósforo en el composte (Dalzell *et al.*, 1991 y Bohn *et al.*, 1993).

**CUADRO 1.** Contenido de macronutrientes totales y solubles (%), pH y relación C/N del compost NUTRIBORA.

| Macronutrientes |      |          |                   |                   | P      | K    | C/N  | pH   |
|-----------------|------|----------|-------------------|-------------------|--------|------|------|------|
| Totales         |      | Solubles |                   |                   |        |      |      |      |
| N               | P    | K        | N-NH <sub>3</sub> | N-NO <sub>3</sub> |        |      |      |      |
| 1,54            | 0,55 | 3,22     | 0,01              | 0,01              | 0,0086 | 2,36 | 10,8 | 7,93 |

El pH (7,93) del compost NB resultó ser ligeramente alcalino; mientras que la relación C/N fue igual a 10,8 (Cuadro 1), producto de la descomposición orgánica de los microorganismos aeróbicos, en donde el N que se incrementa por la disminución del carbono es oxidado a N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y normalmente fijado en el composte (Polprasert *et al.*, 1980).

En el Cuadro 2, se observa que el Fe y el Mn total y soluble fueron los micronutrientes que se encontraron en mayor concentración en el compost NB. Estos resultados coinciden con Rodríguez (1997) y Marcano *et al.* (1999), quienes observaron, entre otros micronutrientes, valores superiores de Fe y Mn en composte elaborados con bora. Esta planta acuática, debido a sus raíces adventicias, presentan una alta capacidad removedora de nutrientes y elementos trazas del medio donde habita, fijando en sus tejidos, valores significativos de Fe y Mn entre otros nutrientes (Boyd y Vickers, 1971; Parra y Hortenstine, 1976 y Wolverton, 1979). Rodríguez y Betancourt (1999) encontraron en la laguna Castillero, desde donde procede las plantas de bora para elaborar NB, concentraciones superiores de Fe y Mn en comparación con otros nutrientes. Esto podría justificar sus contenidos tanto en el tejido de la planta como en el compost.

En el Cuadro 3, se observa que el suelo control (C<sub>1</sub>) presentó un bajo porcentaje de MO de 1,22%, el cual se incrementó a 1,59%, 1,49% y 1,52% en las unidades experimentales que recibieron el tratamiento T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> y en el control C<sub>2</sub>, respectivamente. Así mismo sucedió con los macronutrientes totales en donde el Ca y el K presentaron las mayores concentraciones que el P y el Mg en estos 3 tratamientos. El P fue el de menor contenido. De las concentraciones solubles de los macronu-

trimentos estudiados en el suelo con tratamientos  $T_1$ ,  $T_2$ , y los controles  $C_1$  y  $C_2$ , el fósforo se encontró en menor cantidad. El potasio y el magnesio soluble fueron los macronutrientes de mayor concentración.

**CUADRO 2.** Contenido de micronutrientes totales y solubles (%) en el compost NUTRIBORA.

| Micronutrientes |      |       |      |          |       |        |        |
|-----------------|------|-------|------|----------|-------|--------|--------|
| Totales         |      |       |      | Solubles |       |        |        |
| Fe              | Mn   | Zn    | Cu   | Fe       | Mn    | Cu     | Zn     |
| 1,20            | 0,15 | 0,018 | 0,06 | 0,019    | 0,023 | 0,0005 | 0,0062 |

**CUADRO 3.** Contenido de macronutrientes totales y solubles (%) y de materia orgánica (%), en el suelo tratado con la dosis del compost NUTRIBORA y combinada con un fertilizante mineral.

| Macronutrientes |         |       |      |       |                   |          |        |         |        |      |
|-----------------|---------|-------|------|-------|-------------------|----------|--------|---------|--------|------|
| Trat.           | Totales |       |      |       |                   | Solubles |        |         |        |      |
|                 | P       | K     | Ca   | Mg    | N-NO <sub>3</sub> | P        | K      | Ca      | Mg     | M.O  |
| $T_1$           | 0,0064  | 0,066 | 0,20 | 0,023 | 0,0029            | 0,0013   | 0,011  | 0,0037  | 0,016  | 1,59 |
| $T_2$           | 0,0063  | 0,044 | 0,16 | 0,015 | 0,0029            | 0,0012   | 0,0057 | 0,0015  | 0,014  | 1,49 |
| $C_1$           | 0,0041  | 0,039 | 0,10 | 0,010 | 0,0027            | 0,0007   | 0,0031 | 0,00064 | 0,0078 | 1,22 |
| $C_2$           | 0,0057  | 0,041 | 0,13 | 0,013 | 0,0020            | 0,0003   | 0,0026 | 0,0010  | 0,011  | 1,52 |

TRAT.: Tratamiento.  $T_1$ : 80 t ha<sup>-1</sup> NB + 0,40 t ha<sup>-1</sup> 12-24-12 NPK, en suelo sembrado y fertilizado hace un año con el compost.  $T_2$ : 80 t ha<sup>-1</sup> NB + 0,4 t ha<sup>-1</sup> 12-24-12 NPK, en suelo sin previa siembra ni tratamiento.  $C_1$ (Control): 0,4 t ha<sup>-1</sup> 12-24-12 NPK, en suelo sin previa siembra ni tratamiento.  $C_2$ (Control): Control: 80 t ha<sup>-1</sup> NB, en suelo sin previa siembra ni tratamiento.

De los micronutrientes totales y solubles, el hierro se encontró con mayor concentración en el suelo con T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, y el control C<sub>2</sub>; mientras que el Mn fue el segundo micronutriente en importancia. Es de destacar que en los suelos tratados con T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>, el contenido de Fe y Mn en comparación con el suelo que no fue tratado con NB (C<sub>2</sub>) se incrementara, debido a los altos contenidos de estos micronutrientes presentes en el compost. No fue detectable el contenido de Cu y Zn soluble (Cuadro 4).

Según los criterios de interpretación de las características que definen la fertilidad de los suelos franco arenoso señalados por FONAIAP (1990), el porcentaje de la MO en el suelo se incrementó de niveles bajo en los suelos sin tratamiento con NB (C<sub>1</sub>; 1,22%) a niveles medios en los suelos tratados con la dosis óptima de éste compost (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y C<sub>2</sub>). Sin embargo, de acuerdo con el criterio de Munevar (1991), en este estudio, los suelos controles y experimentales se identificarían como suelos minerales. Este autor, utiliza el porcentaje de MO como referencia para agrupar los suelos, principalmente, en dos categorías: suelos minerales (<5% de MO) y suelos orgánicos con más de 20%.

**CUADRO 4.** Contenido de micronutrientes totales y solubles (%) en el suelo tratado con la dosis del compost NUTRIBORA combinada con un fertilizante mineral.

| Trat.          | Micronutrientes Totales |         |        |        | Micronutrientes Solubles |         |
|----------------|-------------------------|---------|--------|--------|--------------------------|---------|
|                | Fe                      | Cu      | Zn     | Mn     | Fe                       | Mn      |
| T <sub>1</sub> | 0,43                    | 0,0012  | 0,0024 | 0,0091 | 0,018                    | 0,00038 |
| T <sub>2</sub> | 0,43                    | 0,0011  | 0,0018 | 0,0057 | 0,018                    | 0,00022 |
| C <sub>1</sub> | 0,40                    | 0,00090 | 0,0016 | 0,0032 | 0,015                    | 0,00087 |
| C <sub>2</sub> | 0,42                    | 0,0010  | 0,0017 | 0,0052 | 0,017                    | 0,00020 |

TRAT.: Tratamiento. T<sub>1</sub>: 80 t ha<sup>-1</sup> NB +0,40 t ha<sup>-1</sup> 12-24-12 NPK, en suelo sembrado y fertilizado hace un año con el compost. T<sub>2</sub>: 80 t ha<sup>-1</sup> NB + 0,4 t ha<sup>-1</sup> 12-24-12 NPK, en suelo sin previa siembra ni tratamiento. C<sub>1</sub>(Control): 0,4 t ha<sup>-1</sup> 12-24-12 NPK, en suelo sin previa siembra ni tratamiento. C<sub>2</sub> (Control): Control: 80 t ha<sup>-1</sup> NB, en suelo sin previa siembra ni tratamiento.

En los suelos que recibieron el tratamiento T<sub>2</sub> (NB y fertilizante mineral), el contenido de MO fue menor que en aquellos tratados con C<sub>2</sub> (sólo con NB) debido al mayor aporte inmediato de nutrimentos solubles del fertilizante mineral que contribuyó a que los microorganismos del suelo realizarán una descomposición rápida de la MO. En condiciones naturales, la mineralización total de la MO en los suelos por los microorganismos es gradual y puede tardar años, debido a la presencia de materiales cuya composición, en la mayoría de los casos, es difícil de degradar (Dalzell *et al.*, 1991).

En los suelos tratados con T<sub>1</sub>, a pesar de ser fertilizado con NB y sembrado hace un año, es posible que al inicio del experimento aún contenían MO sin descomponer, por lo que el reabono con NB combinado con el fertilizante mineral contribuyó al incremento del contenido de MO y de nutrimentos con valores superiores a los encontrados en los suelos tratados con C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> y T<sub>2</sub>. Casanova (1991) señala que es recomendable aumentar el nivel de MO de los suelos para que la liberación del nitrógeno y fósforo orgánico con los años sea mayor, y así su dependencia con el fertilizante comercial será menor.

El potasio fue el macronutriente de mayor contenido en los suelos controles y aquellos con diferentes tratamientos. En contraste con el nitrógeno y el fósforo, es fácil su liberación durante la descomposición de la MO, por su poca asociación al componente orgánico de los residuos vegetales y animales proveniente del compost (Dalzell, *et al.*, 1991). Sin embargo, a pesar de que los suelos presentaron concentraciones totales aceptables de calcio, hierro y potasio antes y después del tratamiento, las cantidades solubles eran bajas, por lo que hace suponer su reducción por fijación en el suelo o por lixiviación.

A través de sus estudios, Casanova (1991) señala que el calcio influye sobre la reacción del suelo al promover la descomposición de la MO y la liberación de nutrimentos. A la vez, mejora la estructura del suelo y la retención del agua. Sin embargo, un exceso provoca una deficiencia de potasio, fosfato, magnesio, cinc y hierro. El comportamiento del magnesio es similar a la del calcio. Es parcialmente soluble al agua, y por esto susceptible a la lixiviación. El magnesio favorece la formación de azúcares en los cultivos.

A pesar de que, se estimó un 4,7% de incremento como resultado de la diferencia del rendimiento de pimentón de los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> con

respecto a los controles  $C_1$  y  $C_2$ , se encontró diferencias significativas entre los suelos tratados con  $T_1$ ,  $T_2$ , los controles  $C_1$  y  $C_2$  y entre las distancias de siembras ( $P < 0,05$ ).

La Prueba *a posteriori* Duncan ( $P < 0,05$ ) diferenció a  $T_1$  como el de mayor promedio ( $16,7 \text{ t ha}^{-1}$ ), la producción obtenida en  $T_2$  ( $15,8 \text{ t ha}^{-1}$ ) no se diferenció significativamente de  $C_1$  ( $16,0 \text{ t ha}^{-1}$ ); mientras que en  $C_2$  se determinó el bajo rendimiento ( $15,0 \text{ t ha}^{-1}$ ). La distancia de siembra de  $0,20 \text{ m}$  fue la que produjo el mejor rendimiento ( $16,4 \text{ t ha}^{-1}$ ) tal como se observa en el Cuadro 5.

**CUADRO 5.** Comparación de los promedios del rendimiento del pimentón ( $\text{t ha}^{-1}$ ) entre los tratamientos y las distancias de siembras ( $\text{m}$ ) en el suelo enmendado con NUTRI-BORA combinado con un fertilizante mineral.

| Tratamiento                     | N  | Intervalo   | Promedio*         | Error Estándar |
|---------------------------------|----|-------------|-------------------|----------------|
| $T_1$                           | 12 | 14,4 - 25,4 | 16,7 <sup>A</sup> | 1,7            |
| $T_2$                           | 12 | 14,3 - 25,0 | 15,8 <sup>B</sup> | 2,0            |
| $C_1$                           | 12 | 14,5 - 25,2 | 16,0 <sup>B</sup> | 1,9            |
| $C_2$                           | 12 | 14,0 - 22,0 | 15,0 <sup>C</sup> | 1,4            |
| <b>Distancia de Siembra (m)</b> |    |             |                   |                |
| 0,20                            | 24 | 14,4 - 25,4 | 16,4 <sup>D</sup> | 0,77           |
| 0,40                            | 24 | 14,0 - 25,0 | 14,9 <sup>E</sup> | 1,30           |

\* Las medias con la misma letra no difieren significativamente (Prueba *a posteriori* Duncan,  $P < 0,05$ ). N: número de parcelas experimentales.  $T_1$ :  $80 \text{ t ha}^{-1}$  NB +  $0,40 \text{ t ha}^{-1}$  12-24-12 NPK, en suelo sembrado y fertilizado hace un año con el compost.  $T_2$ :  $80 \text{ t ha}^{-1}$  NB +  $0,4 \text{ t ha}^{-1}$  12-24-12 NPK, en suelo sin previa siembra ni tratamiento.  $C_1$  (Control):  $0,4 \text{ t ha}^{-1}$  12-24-12 NPK, en suelo sin previa siembra ni tratamiento.  $C_2$  (Control):  $80 \text{ t ha}^{-1}$  NB, en suelo sin previa siembra ni tratamiento.

La producción de pimentón resultó ser independiente de la acción conjunta de la distancia de siembra y la dosis de abono orgánico al no encontrarse interacción significativa ( $P > 0,05$ ). FUSAGRI (1984) señala un intervalo de rendimiento entre  $10,96 \text{ t ha}^{-1}$  y  $15 \text{ t ha}^{-1}$  para el pimentón, cultivado bajo el sistema de canteros y/o barbacoas y fertilizados con

compost y abono inorgánico. Montaña *et al.* (1995) coincide con estos resultados, al encontrar, en las tres primeras cosechas, rendimientos de cultivares Keystone Resistant y Júpiter de 14,70 t ha<sup>-1</sup> y el mayor promedio lo determinó a la distancia de siembra de 0,20 m en comparación con los que se obtuvieron a 0,30; 0,40 y 0,50 m (Cuadro 5).

El Cuadro 6, muestra los resultados del número de frutos planta y de peso/ fruto en la producción total de tres cosechas. El tratamiento con mayor producción significativa (4,89 frutos planta y 68,13 g/fruto) correspondió a una aplicación de T<sub>1</sub>, encontrándose la menor producción en el suelo tratado con C<sub>2</sub> (4,69 frutos planta y 63,70 g/ fruto ). Estos resultados podrían explicar la diferencia estadística del rendimiento de pimentón entre los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub> aplicados (Cuadro 5).

**CUADRO 6.** Comparación de los promedios del número y peso (g) de frutos por plantas del pimentón entre los tratamientos y las distancias de siembras (m) en el suelo enmendado con NUTRIBORA combinado con un fertilizante mineral.

| Tratamiento                     | Número Frutos/Planta     | Peso Fruto/Planta         |
|---------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| T1                              | 4,89 ± 1,76 <sup>A</sup> | 68,13 ± 2,15 <sup>A</sup> |
| T2                              | 4,86 ± 1,93 <sup>B</sup> | 66,23 ± 1,05 <sup>B</sup> |
| C1                              | 4,78 ± 2,13 <sup>C</sup> | 65,93 ± 1,30 <sup>B</sup> |
| C2                              | 4,69 ± 1,12 <sup>D</sup> | 63,70 ± 1,25 <sup>C</sup> |
| <b>Distancia de siembra (m)</b> |                          |                           |
| 0,20                            | 4,67 ± 1,83 <sup>E</sup> | 67,96 ± 0,66 <sup>D</sup> |
| 0,40                            | 4,86 ± 2,77 <sup>F</sup> | 64,96 ± 0,10 <sup>E</sup> |

\* Las medias con la misma letra no difieren significativamente (Prueba *a posteriori* Duncan, P<0,05). T<sub>1</sub>: 80 t ha<sup>-1</sup> NB +0,40 t ha<sup>-1</sup> 12-24-12 NPK, en suelo sembrado y fertilizado hace un año con el compost. T<sub>2</sub>: 80 t ha<sup>-1</sup> NB + 0,4 t ha<sup>-1</sup> 12-24-12 NPK, en suelo sin previa siembra ni tratamiento. C<sub>1</sub> (Control): 0,4 t ha<sup>-1</sup> 12-24-12 NPK, en suelo sin previa siembra ni tratamiento. C<sub>2</sub> (Control): 80 t ha<sup>-1</sup> NB, en suelo sin previa siembra ni tratamiento.

Observaciones cualitativas indicaron que en T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>, las plantas optaron por mayor fructificación que desarrollo vegetativo como área foliar y altura. A la distancia de siembra de 0,40 m el número de frutos por plantas fue mayor (4,86) que a 0,20 m. Sin embargo, los frutos más pesados coinciden con el mayor rendimiento encontrado a la distancia de siembra entre plantas de 0,20 m (Cuadro 5). Observaciones cualitativas mostraron que los frutos de pimentón producidos a la distancia de siembra de 0,20 m, eran de mayor tamaño y las plantas presentaban menor desarrollo vegetativo que las que se encontraban sembradas a la distancia entre plantas de 0,40 m.

Estos resultados, también podrían ser explicados por las diferencias en las cantidades de nutrientes suministrados por cada tratamiento, ya que la fracción orgánica contendrá siempre elementos trazas no encontrados en los fertilizantes minerales. También, las asociaciones que se producen causa una disponibilidad inmediata de nutrientes de los fertilizantes minerales y liberación de aquellos nutrientes que están altamente asociado a la MO de los compostes a más largo plazo, existe un menor lavado de nutrientes y mayor actividad de los microbios y animales del suelo (Dalzell *et al.*, 1991).

## CONCLUSIONES

- El contenido de P total y soluble en el compost NB fue menor en relación a los demás nutrientes; mientras que el K presentó la mayor concentración.
- Entre los micronutrientes totales y solubles, el Fe y Mn se encontraron en mayor concentración en el compost NB.
- Los porcentajes de MO, el contenido de macronutrientes y de micronutrientes, se incrementaron de niveles bajos en los suelos no tratados con NB a niveles medios en aquellos donde se incorporó el compost.
- El rendimiento de los frutos de pimentón fue significativamente mayor en el suelo tratado con T<sub>1</sub> y a la distancia de siembra de 0,20 m.

## SUMMARY

NUTRIBORA compost is prepared with *Eichhornia crassipes*, cow manure and moriches soil. This compost increases sweet pepper

production when the optimum dose of 80 t ha<sup>-1</sup> is used. In this research the combination of NUTRIBORA at its optimum dose combined with a mineral fertilizer was used to determine sweet pepper yield for different treatments of planting distance. Experiments were performed with the sweet pepper variety "Jupiter" in experimental plots where four fertilization treatments were applied (T<sub>1</sub>: 80 t ha<sup>-1</sup> NUTRIBORA+ 0.4 t ha<sup>-1</sup> 12-24-12 NPK in a ground soil previously sown and fertilized with the compost for one year, T<sub>2</sub>: 80 t ha<sup>-1</sup> NUTRIBORA+ 0,4 t ha<sup>-1</sup> 12-24-12 NPK in a soil without previous sowing or fertilization, C<sub>1</sub>(control): 0.4 t ha<sup>-1</sup> 12-24-12 NPK in a soil without previous sowing or fertilization, C<sub>2</sub> (control): 80 t ha<sup>-1</sup> NUTRIBORA in a soil without previous sowing or fertilization) and two sowing distances between plants (0.20 and 0.40 m). A statistical design of random blocks in a factorial arrangement (4x2) with 6 repetitions was applied for a total of 48 treatments. Soluble and total contents of P in NUTRIBORA were low in relation to the other nutrients whereas the soluble and total K showed the highest concentration. Fe y Mn had the highest concentrations among total and soluble micronutrients. Sweet pepper yield varied significantly between treatments (P<0.05). The highest yield was obtained with the treatment T<sub>1</sub> and the lowest yield with treatment T<sub>4</sub>. Fruit yield was significantly higher at the seeding distance of 0.20 m (P<0.05).

**Key Words:** Compost; *Eichhornia crassipes*; sweet pepper; mineral fertilizer; nutrients.

## BIBLIOGRAFÍA

- BOHN, H., B. MCNEAL y G. O'CONNOR. 1993. Química de suelos. Editorial Limusa, México, 356 pp.
- BOYD, C. L. and D. H. VICKERS. 1971. Variation in the elemental content of *E. crassipes*. *Hidrobiol.* 38:409-414.
- BRAY, R. and L. KURTZ. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci. Am. J.* 59:26-45.
- BREMNER, J. 1965. Methods of soil analysis. Part. 2. Black, C.A. (Editor) American Soc. of Agron. Madison. Wisconsin. USA. 1 146 pp.
- CARPIO, E. 1993. Recomendaciones para el producto: El uso del abono orgánico. **In:** La era agrícola. Una visión alternativa del campo venezolano. Enero-Febrero. N° 15. II Etapa. 43 pp.

CASANOVA, E. 1991. Introducción a la ciencia del suelo. UCV. Facultad de Agronomía. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Caracas. Venezuela. 393 pp.

CASSERES, E. 1994. Producción de hortalizas. Herreros Hermanos Sucesores. México. 310 pp.

CHAPMAN, N. and P. PRATT. 1961. Methods of soil analysis for soils, plant and water. Univ. of California. Division of Agricultural Sciences, Riverside. California. USA. 309 pp.

CORPORACIÓN COLOMBIANA INTERNACIONAL (CCI). 2000. Inteligencia de Mercados. Venezuela. Entorno Social, económico y demográfico. Perfil de mercadeo, N° 5. Abril-Junio. 12 pp.

DALZELL, H. W., A. BIDDLESTONE, K. GRAY y K. THURAIRAJAN. 1991. Manejo del suelo, producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales. Bol. Suelos N° 56. FAO. Roma. 178 pp.

DÍAZ, L., A. VITORIA de Z. y L. ARTEAGA DE R. 1999. Crecimiento vegetativo del pimentón en función de la densidad de plantas y edad de cultivo. BIOAGRO. 11(2):69-73.

FERNÁNDEZ, R. 1977. Métodos de producción de plántulas y edad de transplante en pimentón (*Capsicum annuum* L.). Trabajo de Grado. Universidad de Oriente. Venezuela. Escuela de Ingeniería Agronómica. 68 pp.

FONDO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (FONAIAP). 1990. Análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. Manual de Métodos y Procedimientos de Referencia. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay. Venezuela. 75 pp. (Series D, N° 26).

FONDO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (FONAIAP). 1995. Producción de hortalizas. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Lara. 2 ed. Ampliada. Maracay. Venezuela. 208 pp. (Serie B.).

FUNDACIÓN SERVICIO PARA EL AGRICULTOR (FUSAGRI). 1984. Hortaliza en Canteros. Serie Petróleo y Agricultura N° 5, Segunda Edición. Editado por FUSAGRI y CORPOVEN, S.A. 45 pp.

JACKSON, M. 1964. Soil chemical analysis. Prentice-Hall. Inc. Wiscosin. USA.485 pp.

LINDSAY, W. and W. NORWELL. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42:421.

LOCASCIO, S. and FISKELL. 1979. Pepper respnse to sulfur.coated urea, mulch and nitrogen rate. Proc. Fla. State Hort. Soc. 92:112-115.

MARCANO C., A. E., M. MOHSIN y J. C. RODRÍGUEZ R. 1999. Disolución de la roca fosfórica de Navay, estado Táchira, durante el compostaje de la bora. Agronomía Trop. 49(4):455-474.

MONTAÑO, N. M. MARCANO y G. LEÓN. 1995. Efecto de cuatro distancias de siembras entre plantas en tres cultivares de pimentón (*Capsicum annum* L.) en la localidad de Jusepín, estado Monagas, Venezuela. XLV Convención Anual de la AsoVAC. Acta Científica Venezolana. Vol.46 (Sup.Nº1): 6.

MUNEVAR, F. M. 1991. Concepto sobre la materia orgánica y el nitrógeno del suelo relacionados con la interpretación de análisis químico. **In:** Fundamentos para la interpretación de análisis de suelo, plantas y agua para riego. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Editado e impreso por Montoya y Araujo Ltda., Bogotá, edito: Francisco Silva Mojica. 227-243 p.

MURPHY, J. y J. RILEY. 1962. A modified single solution method for determnation of phosphate in natural waters. Anal. Chem. Acta, 27:31-36.

NIETO-GARIBAY, A., B. MURILLO-AMADARO, B., E. TROYO-DIÉGUE, J. A. LARRINAGA-MAYORAL y J. L. GARCÍA HERNÁNDEZ. 2002. El uso de compostas como alternativa para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. Interciencia 27(8):417-421.

PARKINSON, D., T. R. C. GRAY, and S. T.WILLIAMS. 1971. Methods for studying the ecology of soil microorganisms. Blackwell Scientific Publ. Oxford. England. 166 pp.

PARRA, J. y C. HORTENSTINE. 1976. Response by pearl millet to soil incorporation of water hyacinth .J. Aquat. Plant Management 14:75-79.

PIRE, R. y O. COLMENAREZ. 1994. Extracción y eficiencia de recuperación de nitrógeno por plantas de pimentón sometidas a diferentes dosis y fraccionamientos de elemento. *Agronomía Trop.* 46(64):353-369.

POLPRASERT, C., S. WANGSUPHACHART y S. MUTTAMARA. 1980. Composting night-soil and water hyacinth in the tropics. *Compost Science/Land Utilization* 21(2):25-27.

RODRÍGUEZ, R., J. C. 1991. Rendimiento de algunos cultivos hortícolas en canteros utilizando el abono orgánico producto de la descomposición de la bora (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) en abono orgánico. II Congreso Científico de la Universidad de Oriente. Vol. 1 (A: ciencias Agrobiológicas, B: Ciencias de la Salud (Resumen): 17 p.

RODRÍGUEZ R., J. C. 1997. Balance de la relación carbono-nitrógeno para una óptima descomposición aeróbica de la bora (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) en abono orgánico. *Saber* 9(1):47-53.

RODRÍGUEZ R., J. C. y J. A. BETANCOURT L. 1999. Caracterización físico-química de una laguna de inundación del Tramo Orinoco-Medio y su relación con la biomasa de la cobertura de bora (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms). *Interciencia* 24(4):243-250.

RUIZ F., J. F. 1996. Los fertilizantes y la fertilización orgánica bajo la óptica de un sistema de producción orgánica. **In:** Altamirano Zapata, Calderón Arózqueta (Eds.) Mem. Primer Foro Nac. Agricult. Org. 149 pp.

THOMAS, J. R. and M. D. HEILMAN. 1964. Nitrogen and phosphorus content of leaf tissue in relation to sweet pepper yield. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 85:419-425.

VALDTIGHI, M., A. PERA, M. AGNOLUCCI, S. FRASSINETTI, D. LUNARDI and D. VALLINI. 1996. Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*)-soils System: a comparative study. *Agriculture, Ecosystems y Environment.* 58:133-144.

VOGTMANN, H. and K. FRICKE. 1989. Nutrient value and utilization of biogenic compost in plant production. *Agriculture. Ecosystems and Environment* 27:471-475.

WOLVERTON, B. 1979. El jacinto de agua. *Mazingira.* 2:59-65.

## ANÁLISIS DE MEDIAS GENERACIONALES PARA ESTIMAR PARÁMETROS GENÉTICOS DE LA RESISTENCIA AL ACHAPARRAMIENTO EN MAÍZ

Mariano Mendoza Elos\*, Alfonso López Benítez\*\*, Luis Latournerie Moreno\*\*\*, J. Antonio Rangel Lucio\*, J. Gabriel Ramírez Pimentel\*, Sergio A. Rodríguez Herrera\*\* y Guillermo Castañón Nájera\*\*\*\*

### RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar los efectos genéticos aditivos, dominantes y epistáticos; cuantificar heterosis y depresión endogámica en maíz tropical, *Zea mays* L., durante el año 2003 en 2 fechas de siembra en la localidad de Úrsulo Galván, Veracruz, México. Los datos se basaron en un diseño genético de medias generacionales. Las variables son plantas con achaparramiento, mazorcas con *Fusarium*, cobertura de mazorca, prolificidad y rendimiento de grano. Los resultados indicaron que los efectos dominantes fueron más importantes que los aditivos para la resistencia. De los efectos digénicos epistáticos el más importante fue el aditivo x aditivo (2,18) y el menos fue dominante x dominante (-1,89). Para la variable mazorcas con *Fusarium* el efecto dominante y el epistático a x d fueron superiores (2,64 y 4,10). En la cobertura de mazorca el efecto genético es pequeño, sobresaliendo el digénico aditivo x aditivo (1,88). Para la característica prolificidad, el efecto de dominancia (49,87) fue 4 veces superior al efecto aditivo (12,12), asimismo, en el rendimiento, todos los efectos resultaron positivos a excepción del dominante x dominante (-5,50), no obstante, el efecto dominante fue superior (15,57). La heterosis, resultó negativa para achaparramiento, mazorcas con *Fusarium* y prolificidad, no así, para rendimiento. La depresión endogámica para achaparramiento fue de -11,21%, también negativa resultó para mazorcas con *Fusarium* y prolificidad; en rendimiento la pérdida de vigor de la F<sub>1</sub> a la F<sub>2</sub> fue de 57,14%.

**Palabras Clave:** Achaparramiento del maíz; *Zea mays* L; medias generacionales; aditivo; dominante; epistasis; heterosis; depresión endogámica.

---

\* Profesores. Instituto Tecnológico de Roque. km 8.5, Carretera Celaya-J. Rosas., Roque, Celaya, Guanajuato, México. Email: mmendoza66@hotmail.com.

\*\* Profesores. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Fitomejoramiento. Buenavista, Saltillo, Coahuila.

\*\*\* Profesor. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2. Apdo. Postal 53 "D" Col. Itzimma. C.P. 97100. Conkal, Yucatán.

\*\*\*\* Profesor. Biotecnología Vegetal de la UJAT. Villahermosa, Tabasco, México.

RECIBIDO:

## INTRODUCCIÓN

Entre los diversos factores que intervienen en el decremento de la producción, sobresalen en orden de importancia las enfermedades, que tienen un impacto hasta del 9,4% en la reducción mundial en la producción de maíz, *Zea mays* L. En este sentido, la enfermedad conocida como achaparramiento del maíz es de creciente preocupación ya que reduce considerablemente el rendimiento y la calidad de la semilla; las pérdidas económicas son cada día en orden creciente para los productores de maíz del trópico y subtrópico (Bradfute *et al.*, 1981).

El tipo y monto de las pérdidas ocasionadas por las enfermedades de las plantas varía de acuerdo a la especie, así como el agente patógeno, los vectores, la localidad, el medio ambiente, las medidas de control y la combinación en ellas. Al respecto, los avances en la genética y las evidentes ventajas de evitar pérdidas por enfermedades de las plantas hacen posible y muy deseable la formación de cultivares resistentes.

La elección de algún método de selección en el mejoramiento depende del programa de mejoramiento, del germoplasma, conocimiento de la población y objetivos del programa de fitomejoramiento. Existen algunas evidencias de la eficiencia relativa de los diferentes métodos de selección, pero se requieren datos para determinar su efecto a largo plazo. La elección de progenitores en la hibridación depende del objetivo del programa y conocimiento de la acción génica que opera en la heterosis del rendimiento.

No obstante, hay que considerar que la resistencia es controlada por determinantes genéticos contenidos en el citoplasma o en el núcleo de la célula, por lo que es necesario conocer el número de genes que intervienen en la manifestación de los caracteres cuantitativos; esto facilitaría el desarrollo de nuevos métodos y mejores técnicas para la investigación. Por otra parte, el fitomejorador necesita conocer la herencia de la resistencia al achaparramiento si desea utilizar con eficiencia sus líneas puras para la obtención de cultivares resistentes. Bajo estas premisas, el objetivo de la presente investigación fue estimar los parámetros genéticos a través de medias generacionales: acción génica aditiva, no aditiva, efectos epistáticos, heterosis y depresión endogámica.

**Importancia del achaparramiento.** Las enfermedades ocasionadas por virus presentan síntomas muy variables como pérdida de color debido a la reducida producción de clorofila, el enanismo, entrenudos cortos,

prolificidad y bajos rendimientos, entre otros. El mosaico del achaparramiento del maíz está distribuido en campos próximos a ríos, siendo más serio en los lugares donde existe pasto "Jonson" (*Sorghum halapense*) y caña de azúcar (Jugenheimer, 1981). En relación a la enfermedad, las pérdidas son cada día en orden creciente para los productores de maíz del trópico y subtropical (Bradfute *et al.*, 1981).

En México, Centro América y Colombia, el achaparramiento causa pérdidas del orden de 40-50% en variedades adaptadas, mientras que los genotipos introducidos o desarrollados pueden sufrir hasta el 100% (Gámez, 1983). El achaparramiento se observó por primera vez en Río Grande, Texas; posteriormente Maramorosch (1955) colectó plantas de maíz en la meseta central de México donde identificó plantas con síntomas diferentes (proliferación de hijos) a la cual le llamo Mesa Central; de esta manera se empezaron a estudiar cepas demostrando que los agentes causantes eran procariotes carentes de pared celular (Granados *et al.*, 1968). Así, el progreso de la virología y bacteriología permitió distinguir a los virus (virus del rayado fino) y los procariotes de la clase Mollicutes (espiroplasmas y micoplasmas), que agrupa organismos difíciles de cultivar.

**Patógenos.** Los patógenos que han sido asociados con el achaparramiento son los espiroplasmas (CSS), fitoplasmas del enanismo arbustivo del maíz (MBS), y el virus rayado fino (MRFV).

**Vectores.** *Dalbulus maidis*, *D. elimatus* y *D. guevarai*, son los principales vectores del achaparramiento en México. El CSS, MRFV, MBS, se transmiten por *D. maidis*, *D. elimatus* y *Graminella nigrifrons*. Se ha encontrado que el CSS también es transmitido por *Exitianus exitiosus* y *Stirellus bicolor* (Nault, 1980). En forma general, los síntomas del achaparramiento induce amarillamientos uniformes, "escobas de brujas", enanismos, deformación de flores y frutos y coloraciones diversas (Lozoya, 1989). El enrojecimiento de la hoja o color púrpura, comienza en los extremos de las hojas extendiéndose a toda la lámina. En plantas viejas y secas, las hojas son quebradizas.

**Hospederos de los patógenos.** El espectro de hospederos naturales es limitado a pocos géneros como *Zea*, *Tripsacum* y *Euchlaena* spp (teosintle). Markham *et al.* (1977) mencionan que el sorgo y el zacate Johnson pueden albergar el CSS. *Zea perennis* es inmune a MBS y MRFV, pero susceptible a CSS; *Zea diploperennis* es susceptible a CSS

y MRFV, pero inmune a MBS; MRFV puede infectar al *Tripsacum australe* y a *Roettboellia exaltata*; MBS tiene como hospederos a maíz y teosinte. *Tripsacum* no ha mostrado ser susceptible.

**Hospederos del vector.** *D. maidis* prefiere a *Z. mays*, *Z. diploperennis* y *Z. perennis*; otros hospederos menos preferidos son *Tripsacum dactyloides*, *Tripsacum lanceolatum* y *Euchlaena mexicana*. Los hospederos que permiten completar su ciclo de vida son *Z. mays* con sus subespecies *mays* var. *parviglumis*, *parviglumis* var. *huehuetenangensis* y *mexicana*; *Z. diploperennis* y *T. dactyloides*.

**Anatomía y Biología de *Dalbulus maidis*.** La chicharrita se encuentra distribuida desde el sur de los Estados Unidos, México y América Central. El adulto macho mide de 3,5 a 4 mm de largo y la hembra de 4 a 4,1 mm. La hembra se distingue del macho por tener ovipositor bajo el abdomen. Los adultos son de color amarillo paja, con dos manchas redondas negras sobre el vértice de la cabeza. Las alas traseras son translúcidas, se extienden más allá de la punta del abdomen. Las ninfas son de color amarillo translúcido y carecen de las manchas del adulto (King y Saunders, 1984). Las hembras depositan de 4 hasta 19 huevos; la oviposición la hacen entre las venas del haz de las hojas del cogollo de las plantas jóvenes (King y Saunders, 1984). El período de oviposición oscila de 10 a 51 d. El estadio de huevo tarda 23 d; son 5 los estadios ninfales de 10 a 14 d a temperaturas de 26,7 °C - 32,2 °C (Davis, 1966).

**Tiempo de adquisición y período de transmisión.** Ramírez *et al.* (1974) concluyen que el período de 72 horas resulta satisfactorio para la adquisición del virus, 48 h son suficientes para tener el 90 por ciento de transmisión del virus. Al respecto, Markham y Alivizatos (1983) señalan que en 7 d de succión se transmitió el 100%. Estudios de transmisión con *D. maidis* infectados con CSS detectaron los patógenos 14 días después de la infección con chicharritas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Material Genético.** Esta investigación se inició en el ciclo otoño invierno del año 2001 (ciclo conocido como de temporal), con una población de maíz conocida como Molcates formada por el Instituto Mexicano del Maíz; de ella se seleccionaron líneas resistentes (tolerantes) y susceptibles, en las cuales fueron infestadas artificialmente a nivel plántula en el ciclo anterior depositando de 6 a 8 chicharritas portadoras del inóculo.

En primavera verano 2002 (ciclo de riego) se realizaron cruzas con la finalidad de obtener la generación ( $F_1$ ), entre progenitores resistentes o tolerantes x susceptibles. Para el ciclo otoño invierno de 2002 con las  $F_1$  y los progenitores se avanzó a las siguientes generaciones,  $F_2$  por autofecundación de la  $F_1$ , retrocruza uno ( $RC_1$ ) y retrocruza dos ( $RC_2$ ) polinizando la  $F_1$  con el progenitor uno ( $P_1$ ) y con el progenitor dos ( $P_2$ ), respectivamente. Para evitar algún sesgo por la vejez de la semilla de algunas generaciones en el ciclo primavera verano de 2003, se procedió a sembrar los progenitores ( $P_1$  y  $P_2$ ) y la  $F_1$  con semilla remanente, de tal forma, que se realizaron incrementos de semilla de los progenitores a través de cruzas fraternales, la  $F_1$  se cruzó hacia ambos progenitores para obtener las retrocruzas, asimismo, las plantas  $F_1$  se autofecundaron para obtener la generación  $F_2$ , obteniendo así todas las generaciones ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $RC_1$  y  $RC_2$ ) con semilla fresca.

**Descripción del área de estudio.** La evaluación de las medias generacionales se llevó a cabo en dos fechas de siembra en la localidad de Villa Úrsulo Galván, Veracruz, México en el año 2003. Esta localidad cuenta con un suelo de tipo feozen y vertisol, esta situada a 19°24'17" de latitud norte, 102°46'28" longitud este y 8 m.s.n.m., de altitud. Presenta una temperatura media anual de 25,8 °C y una precipitación media anual de 1 017,7 mm, con lluvias abundantes en verano y principios de otoño, características que clasifican al área como clima tropical húmedo.

**Trabajo de campo.** La fórmula de fertilización fue 140-85-30, se aplicó al momento de la siembra el 50% de nitrógeno, todo el fósforo y potasio. En la segunda escarda se depositó el complemento del nitrógeno. Otras prácticas que se realizaron fueron riego, control de plagas y enfermedades. El experimento fue llevado a cabo con dos repeticiones, con una longitud de surco de 4,20 m, y a una distancia entre plantas de 0,20 m resultando una densidad aproximada de 60 000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Todas las variables se midieron en 21 plantas que fue la parcela útil. La evaluación de la respuesta de los diferentes genotipos al achaparramiento del maíz se realizó en plantas individuales, haciendo un conteo de las plantas susceptibles y resistentes; además, se contó el total de plantas dentro de la parcela útil cuando el cultivo estaba en la etapa de llenado de grano; en esta etapa se observaron claramente los diferentes grados de achaparramiento.

Para ello se utilizó la escala descrita por Grogan y Rosenkranz (1968): 1) sin síntomas; 2) síntoma visible en las hojas en  $\frac{1}{4}$  de la planta. Achaparramiento no evidente; 3) síntomas en las hojas en la mitad de la planta, acompañado de moderado achaparramiento; 4) síntomas en las hojas en  $\frac{3}{4}$  de la planta, acompañado de severo achaparramiento; 5) más de  $\frac{3}{4}$  de la planta con síntomas en las hojas y severo achaparramiento. Como plantas tolerantes o resistentes fueron consideradas aquellas plantas que presentaron los grados 1 y 2 de la escala en uso. Como plantas susceptibles se clasificaron aquellas plantas que presentaban los síntomas en la escala 3, 4 y 5. Las plantas con calificación 4 y 5 usualmente presentaron pobre desarrollo de espiga, fueron estériles y produjeron poco o nada de semilla.

Otras variables que se tomaron durante el experimento fueron las siguientes: Mazorcas con *Fusarium*, número de mazorcas (NM) que presentan algún grado de daño por este hongo; se expresó en porcentaje en relación al NM cosechadas por parcela. Mala cobertura, se toma antes de la cosecha; se considera mala cobertura, cuando las brácteas dejan al descubierto la punta de la mazorca; se expresó en por ciento en relación al NM cosechadas. Prolificidad, fue el total de mazorcas que se cosechan dentro de la parcela útil, en relación a las plantas cosechadas. El rendimiento, se obtuvo de multiplicar el peso seco ajustado por el factor de conversión toneladas por hectárea.

**Diseño experimental.** Se aplicó un diseño bloques al azar, con dos repeticiones en las dos fechas de siembra; los tratamientos fueron agrupados dentro de grupos. Se utilizó el método propuesto por Cavalli (1952) el cual estima los parámetros y se prueba la aditividad del modelo; la deducción de los coeficientes de los parámetros esta basada en Márquez (1985).

Para estimar estos coeficientes se cruzan los progenitores  $P_1$  (aa) y  $P_2$  (AA) con progeñe ( $F_1$ ) Aa; ésta se avanza a  $F_2$  por autofecundación resultando el arreglo genotípico de  $\frac{1}{4}$  aa  $\frac{1}{2}$  Aa y  $\frac{1}{4}$  AA. Ahora, si la  $F_1$  se retrocruza hacia el padre con el alelo desfavorable en este caso  $P_1$ , la progeñe será  $\frac{1}{2}$  aa y  $\frac{1}{2}$  Aa ( $RC_1$ ), pero si la retrocruza es con los alelos favorables ( $P_2$ ), la estructura es  $\frac{1}{2}$  AA y  $\frac{1}{2}$  Aa ( $RC_2$ ). El procedimiento de análisis de medias generacionales se realizó mediante álgebra de matrices utilizando el programa MATLAB versión 1,1 (Cuadro 1), tomado de Martínez (1998) modificado a seis parámetros (m, a, d, axa, axd y dxd).

**CUADRO 1.** Coeficientes de los parámetros genéticos de medias fenotípicas de las generaciones.

| Generaciones    | m ( $\mu$ ) | d (a) | h (d) | i (aa) | j (ad) | l (dd) |
|-----------------|-------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| P <sub>1</sub>  | 1           | 1     | 0     | 1      | 0      | 0      |
| P <sub>2</sub>  | 1           | -1    | 0     | 1      | 0      | 0      |
| F <sub>1</sub>  | 1           | 0     | 1     | 0      | 0      | 1      |
| F <sub>2</sub>  | 1           | 0     | ½     | 0      | 0      | ¼      |
| RC <sub>1</sub> | 1           | ½     | ½     | ¼      | ¼      | ¼      |
| RC <sub>2</sub> | 1           | -½    | ½     | ¼      | -¼     | ¼      |

**CUADRO 2.** Estructura genotípica para el modelo de seis parámetros.

| Genotipo | Valor genotípico | P <sub>1</sub> | P <sub>2</sub> | F <sub>1</sub> | F <sub>2</sub> | RC <sub>1</sub> | RC <sub>2</sub> |
|----------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| AA       | d                | 0              | 1              | 0              | ¼              | 0               | ½               |
| Aa       | h                | 0              | 0              | 1              | ½              | ½               | ½               |
| aa       | -d               | 1              | 0              | 0              | ¼              | ½               | 0               |

De lo anterior, los coeficientes de los parámetros no son otra cosa que las medias genotípicas de cada generación; como ya se sabe es el producto de sus valores genotípicos escalares por sus frecuencias, así que se tiene lo siguiente:

$$\begin{aligned}
 P_1 &= (1) \cdot d = \mathbf{d} \\
 P_2 &= (1) \cdot (-d) = \mathbf{-d} \\
 F_1 &= (1) \cdot h = \mathbf{h} \\
 F_2 &= \frac{1}{4}d + \frac{1}{2}h + \frac{1}{4}(-d) = \mathbf{\frac{1}{2}h} \\
 RC_1 &= \frac{1}{2}h + \frac{1}{2}(-d) = \mathbf{\frac{1}{2}h - \frac{1}{2}d} \\
 RC_2 &= \frac{1}{2}d + \frac{1}{2}h
 \end{aligned}$$

De lo anterior resultan las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} P_1 &= m-d \\ P_2 &= m+d \\ F_1 &= m+h \\ F_2 &= m+\frac{1}{2}h \\ RC_1 &= m-\frac{1}{2}d+\frac{1}{2}h \\ RC_2 &= m+\frac{1}{2}d+\frac{1}{2}h \end{aligned}$$

**Homogenización de varianzas.** Debido a que es común que las diferentes generaciones tengan diferentes varianzas, el procedimiento de estimación de los parámetros (m, d, h, i, j y l) incluye la ponderación de su media por un factor que resulta del inverso de la varianza (1/v) de la generación respectiva y el coeficiente de cada parámetro. Ponderación = 1/V. Para el experimento se tuvo un total de seis ecuaciones, dado que se tuvieron seis generaciones.

**Estimación de la heterosis.** De acuerdo, con la finalidad del trabajo el investigador deberá decidir que tipo de heterosis desea estimar; en esta investigación, se calculó la heterosis promedio de los progenitores, bajo la siguiente fórmula:

$$\text{Heterosis} = \frac{[F_1 - 1/2(P_1 + P_2)]}{1/2(P_1 + P_2)} \times 100$$

**Depresión endogámica.** Esta fue estimada basada en la fórmula que a continuación se describe:

$$\text{Depresión endogámica} = \frac{[F_1 - F_2]}{F_1} \times 100$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 3 se muestra lo siguiente. En mazorcas con presencia de *Fusarium* (MCF), el P<sub>1</sub> presentó aproximadamente tres veces más incidencia de este hongo (26,72%) con respecto al P<sub>2</sub> (8,17%). En la F<sub>1</sub> se aprecia la sobredominancia de la resistencia detectando una cantidad de 2,68% valor que oscila entre la respuesta de P<sub>1</sub> y P<sub>2</sub>; es decir, el valor de

*Fusarium* para  $F_1$  es menor a lo observado en los dos progenitores (2,68%), esto indica que existe una heterosis negativa para este carácter (Hartly y Clark, 1989). Debido a la segregación de los factores en la  $F_2$  existe alto porcentaje de esta enfermedad (16,67%). En la retrocruza hacia el  $P_1$  ( $RC_1$ ) la incidencia de este problema es de 1,32% y para la retrocruza hacia el  $P_2$  ( $RC_2$ ) de 13,70%; esto indica la presencia de dominancia intermedia o semidominancia que describe al individuo heterocigote con el fenotipo promedio de los progenitores. El porcentaje de mala cobertura de mazorca fue similar para el  $P_1$ ,  $P_2$ , la  $F_1$  y la  $RC_2$ . En la  $F_2$  y la  $RC_1$  se observaron síntomas para esta variable de 8,33 y 6,20%, respectivamente.

El porcentaje de plantas enfermas con achaparramiento fue menor para el progenitor resistente (22,12%) con relación al padre susceptible (41,68%). En la  $F_1$  se reduce el problema en alrededor del 50% (18,33%) en relación al  $P_2$ , demostrándose así que existe una sobredominancia para el carácter en estudio. En  $F_2$  existe un 30,09% similar de plantas enfermas que en las retrocruzas, esto se atribuye a la segregación del carácter donde aproximadamente el 70% de las plantas no presentan síntomas, siendo los heterocigotos y homocigotos dominantes de acuerdo a la ley de Hardy-Weinberg.

La prolificidad fue mayor para el  $P_1$  ( $P_1=120,22\%$ ) con respecto al  $P_2$  ( $P_2=103,66\%$ ); en la  $F_1$  y la  $RC_1$  se redujo la prolificidad en 85,18 y 100,52%, respectivamente. En la  $F_2$  el NM por 100 plantas se incrementó a 138,33%, debido a la presencia de la enfermedad, ya que existió una mayor prolificidad de mazorcas sin alcanzar un tamaño de importancia económica; por el contrario, la baja producción de mazorca provocó un incremento en el tamaño de la misma. Al respecto Duvick (1972) al convertir una línea de una mazorca a planta de dos mazorcas a través de retrocruza con maíz altamente prolífico, demuestra que es posible transferir un rasgo cuantitativo semidominante.

El rendimiento del  $P_1$  fue superior en 2,55 t ha<sup>-1</sup> en relación al  $P_2$ ; esta dominancia se vio reflejada en  $F_1$  que arroja un rendimiento de 5,75 t ha<sup>-1</sup>. En la  $F_2$  se redujo el rendimiento considerablemente (3,77 t ha<sup>-1</sup>); de acuerdo con la literatura el rendimiento en  $F_2$  se abate en un 20 a 30%. Para las retrocruzas, el rendimiento resultó ser superior cuando se realizó la cruce con el padre resistente (7,20 t ha<sup>-1</sup>) y muy por debajo cuando se hizo con el progenitor susceptible (4,08 t ha<sup>-1</sup>) tal como se observa en el Cuadro 3.

**CUADRO 3.** Promedio de las variables en estudio a través de dos fechas de siembra en la localidad de Ursulo Galván, Veracruz, México.

| Gen             | M C F (%) |       | M C (%) |      | % Plantas enfermas c/achap. |       | Prolificidad |        | Rdto t ha <sup>-1</sup> |        |
|-----------------|-----------|-------|---------|------|-----------------------------|-------|--------------|--------|-------------------------|--------|
|                 | Obs.      | Esp.  | Obs.    | Esp. | Obs.                        | Esp.  | Obs.         | Esp.   | Obs.                    | Esp.   |
| P <sub>1</sub>  | 26,72     | 25,60 | 0,00    | 0,00 | 22,12                       | 20,89 | 120,22       | 116,10 | 4,7275                  | 4,1240 |
| P <sub>2</sub>  | 8,17      | 7,85  | 0,00    | 0,00 | 41,68                       | 38,25 | 103,66       | 98,26  | 2,1731                  | 2,0013 |
| F <sub>1</sub>  | 2,68      | 2,45  | 0,00    | 0,00 | 18,33                       | 17,2  | 85,18        | 82,25  | 5,7500                  | 5,1000 |
| F <sub>2</sub>  | 16,67     | 15,23 | 8,33    | 7,66 | 30,09                       | 28,23 | 138,33       | 126,30 | 3,7744                  | 3,1230 |
| RC <sub>1</sub> | 1,32      | 1,28  | 6,20    | 5,80 | 28,97                       | 27,70 | 102,78       | 98,24  | 7,2056                  | 6,9850 |
| RC <sub>2</sub> | 13,70     | 12,50 | 0,00    | 0,00 | 36,23                       | 34,20 | 100,52       | 97,30  | 4,0794                  | 3,8450 |
| ES              | 0,18      |       | 0,22    |      | 3,46                        |       | 0,15         |        | 3,31                    |        |

MCF= Mazorcas con *Fusarium*; MC= Mala cobertura; ES= Error estándar; Obs.= Valor observado; Esp.= Valor esperado.

Para la variable mazorcas con *Fusarium* (MCF) se encontró diferencia significativa y los efectos de mayor tamaño fueron el digénico a x d con valor de 4,10, seguido por el efecto de dominancia (2,64). Esto significa que tanto los efectos aditivos como los no aditivos están involucrados en la expresión de este carácter, al respecto, Boling y Grogan (1965) determinan los efectos aditivos, dominantes y los de epistasis digénica aditivo x dominante donde probaron ser resistentes en la herencia de la resistencia.

Para la característica de mala cobertura (MC) se detectó un valor negativo y significativo al 5% para el efecto epistático a x d (-3,45), no obstante, son más importantes el efecto a x a y a x d (1,88 y 0,29), el hecho de obtener gran proporción de la variación total representado por efectos aditivos ayuda al fitomejorador a acumular los genes de esta variable en cada ciclo selección.

Para el porcentaje de plantas enfermas de achaparramiento se encontró la presencia positiva para los efectos aditivos, dominantes y epistáticos. El efecto dominante y la interacción alélica a x a resultaron altamente significativos, respectivamente (2,36 y 2,18%). Esto significa que en un programa de producción de semilla es necesario conocer cual es el progenitor resistente y cual es el tolerante y/o susceptible para que la F<sub>1</sub> resulte con resistencia. En relación a esta enfermedad Castañón (2000) menciona un mismo patrón de clasificación cuando cruzaron un progenitor resistente x susceptible, encontraron una heterosis mayor, que significa que el carácter es de tipo dominante.

Para prolificidad se encontró diferencias significativas para el efecto digénico a x d y d x d, sólo que con valores negativos al igual que a x a, para esta variable el efecto dominante (49,87) contribuye en un mayor grado a la variación total seguida por los efectos aditivos (12,12). Algunos resultados a consideración son los señalados por Navarro y Borrego (1993) en un estudio génico y de heterosis para esta variable concluyen que la dominancia y la heterosis no juegan un papel importante para esta característica. En este mismo sentido Duvick (1972) demuestra que es posible transferir un rasgo cuantitativo semidominante.

En la característica rendimiento se encontró presencia de todos los efectos genéticos, sólo la interacción alélica d x d resultó negativa (-5,50). En esta variable se detectó diferencia altamente significativa a 1% de probabilidad para el efecto dominancia, siendo este el más importante (15,57),

seguido por la interacción aditivo x aditivo, el efecto aditivo y la interacción aditivo x dominante, estudios similares lo demuestran Cortez *et al.* (1985) y Todorovic *et al.* (1997). Al respecto, Ceballos *et al.* (1997) concluyen que los efectos epistáticos no parecen ser tan importantes como los dominantes (Cuadro 4).

**CUADRO 4.** Promedios de los efectos genéticos y error estándar a través de medias generacionales por el método Cavalli (1952).

| Efecto | M C F<br>(%) | M C<br>(%)  | % Plantas enfermas<br>c/achap. | Prolificidad | Rdto<br>t ha <sup>-1</sup> |
|--------|--------------|-------------|--------------------------------|--------------|----------------------------|
| a      | -0,49±0,02*  | 0,79±0,01*  | 0,19±0,02                      | 12,12±1,2**  | 1,25±0,04                  |
| d      | 2,64±0,2**   | 0,75±0,03*  | 2,36±0,9**                     | 49,87±2,8**  | 15,57±1,1**                |
| a x a  | -0,76±0,1    | 1,88±0,02*  | 2,18±0,6**                     | -14,98±0,9   | 6,41±0,7*                  |
| a x d  | 4,10±0,2**   | -3,45±0,3** | -1,09±0,04                     | -89,54±3,2** | 0,39±0,02                  |
| d x d  | -3,80±0,07*  | 0,29±0,01   | -1,89±0,07                     | -75,62±3,1** | -5,50±0,9*                 |

MCF= Mazorcas con *Fusarium*; MC= Mala cobertura; a= efecto aditivo; d= efecto dominante; a x a= efecto aditivo por aditivo; a x d= efecto aditivo por dominante; d x d= efecto dominante por dominante. \*, \*\*= Diferente de cero a una probabilidad de 0,05 y 0,01, respectivamente.

En mazorcas con *Fusarium*, según valor de la media, se manifiesta una depresión de -161,66%; en cambio, la cobertura de mazorca presentó una media de 100,0%, lo que indica depresión total. En relación al rendimiento, este se redujo en 57,14%, al utilizar la semilla F<sub>1</sub> al siguiente ciclo (F<sub>2</sub>). Hallauer y Miranda (1988) comprobaron una depresión para rendimiento de 35,5%; cabe señalar que además de la depresión endogámica en la F<sub>1</sub> se utilizó un progenitor resistente y un susceptible al achaparramiento, esto significa que la depresión es más fuerte. De acuerdo con Fasoulas (1986), si no existe reducción en el vigor en una F<sub>2</sub>, teóricamente el vigor híbrido o heterosis está determinado por la acción equilibrada de genes codominantes y semidominantes; es decir, existe el carácter intermedio en el heterocigoto respecto a los caracteres de ambos progenitores homocigotos o bien el heterocigoto presenta el fenotipo promedio de los progenitores; en este experimento la heterosis fue expresada por la heterocigosidad (Cuadro 5).

Se observa que la variable de plantas con síntomas de achaparramiento presenta heterosis negativa (dominancia negativa) de 49,03. Esto indica que existió una reducción de los síntomas; lo cual se puede atribuir a que existe resistencia o tolerancia al achaparramiento en algunos de los progenitores o en ambos (Narro-León y Miranda, 1997). Estos mismo autores reportan heterosis de -21,71%, valor más bajo al que se obtuvo en este experimento. Johnson (1971) en un estudio a la resistencia genética al mosaico del achaparramiento, observó heterosis con respecto al progenitor medio para la resistencia.

En mazorca con problemas de *Fusarium*, la heterosis fue negativa (dominancia negativa), por lo tanto, existe una reducción. En la cobertura de mazorca la heterosis fue de -72,61%; esta heterosis negativa significa que existe una reducción del problema de esta variable. La característica prolificidad no mostró heterosis positiva (-17,69); no obstante, el tamaño de mazorca fue más grande, por lo tanto, la baja proliferación de mazorcas no afectó al rendimiento donde se encontró dominancia (heterosis) obteniéndose así una mayor producción. La existencia de la alta dominancia y presencia de epistasis no siempre indica alta heterosis (Khotyleva y Tarutina, 1997). Resultados similares señalan Todorovic *et al.* (1997) y Navarro y Borrego (1993); por su parte, Goodnight (1997) cita que el efecto de epistasis debe ser considerado en el proceso de endogamia y/o sistemas de cruzamiento para la expresión de la heterosis. Vicente *et al.* (1997) y Chaudhuri y Singh (1997) concluyen que ambos efectos, aditivos y dominantes son importantes para expresar heterosis (Cuadro 5).

**CUADRO 5.** Heterosis y depresión endogámica entre dos progenitores de maíz.

| Parámetro   | % Plantas enfermas<br>c/achap. | M C F<br>(%) | M C<br>(%) | Prolificidad | Rdto<br>t ha <sup>-1</sup> |
|-------------|--------------------------------|--------------|------------|--------------|----------------------------|
| Heterosis   | -49,03                         | -28,21       | -72,61     | -17,69       | 66,65                      |
| Depresión E | -11,21                         | -161,66      | 100,00     | -104,24      | 57,14                      |

MCF= Mazorcas con *Fusarium*; MC= mala cobertura.

## CONCLUSIONES

- Los resultados indicaron que los efectos dominantes fueron más importantes que los aditivos para la resistencia al achaparramiento. De los efectos digénicos epistáticos, el más importantes fue el aditivo x aditivo (2,18) y el menos importante fue dominante x dominante (-1,89).
- Para la variable mazorcas con *Fusarium* el efecto dominante y el epistático a x d fueron superiores (2,64 y 4,10).
- En relación a la cobertura de mazorca los efectos genéticos son pequeños sobresaliendo el digénico aditivo x aditivo (1,88).
- Para la característica prolificidad el efecto de dominancia fue cuatro veces superior al efecto aditivo (49,87 y 12,12, respectivamente); asimismo, en el rendimiento todos los efectos resultaron positivos a excepción del dominante x dominante (-5,50); no obstante, el efecto dominante fue superior (15,57).
- En relación al parámetro de heterosis, resultó negativo para achaparramiento, mazorcas con *Fusarium* y prolificidad, no así, para rendimiento. La depresión endogámica para achaparramiento fue de -11,21, negativa también resultó para la variable mazorcas con *Fusarium* y prolificidad, en rendimiento la baja fue de 57,14 a la siembra de la F<sub>2</sub>.
- Considerando la presencia de epistasis, efectos aditivos y en mayor grado los efectos dominantes es recomendable para tener éxito en un programa de mejoramiento genético de maíz convencional utilizar la selección recíproca recurrente; por otro lado, tomando en cuenta la complejidad genética es necesario apoyarse de los mapas genéticos obtenidos a través de marcadores moleculares.

## SUMMARY

The main objective of this study was to estimate additive, dominant and epistatic, genetic effects as well as to quantify heterosis and inbreeding depression for stunted plants, *Fusarium* diseased ears, husk cover,

prolificacy and grain yield in tropical maize. The study was conducted in 2003 through two seeding dates at the UAAAN Ursulo Galvan Experimental Station in the State of Veracruz, Mexico. Data were analyzed according to Generation Mean Genetic Design. Results showed that dominant effects for stunt resistance were more important than additive effects. Regarding digenic epistatic effects, additive by additive was the most important (2.18) and dominant by dominant the least (-1.89). For *Fusarium* diseased ears, the dominance effects and the epistatic additive by dominant effects were highest (2.64 y 4.10). With respect to husk cover all the genetic effects, except additive by additive, were small (1.88). For prolificacy the dominant effect (49.87) was four times greater than the additive effect (12.12). For grain yield all effects were positive, except dominant by dominant (-5.50), however the dominant effect was higher (15.57). In relation to heterosis, it was negative for stunted plants, *Fusarium* diseased plants and prolificacy, but not for grain yield. Inbreeding depression for stunted plant was -11.21%. It was also negative for *Fusarium* diseased ears and prolificacy. For grain yield a reduction of vigor from F<sub>1</sub> to F<sub>2</sub> of 57.14% was encountered.

**Key Words:** Corn stunt; generations means; additive; dominance; epistasis; heterosis; inbreeding depression.

## BIBLIOGRAFÍA

BOLING, M. B. and C. O. GROGAN. 1965. Gene action affecting host resistance to *Fusarium* ear rot of maize. *Crop Science* 5(4):305-307.

BRADFUTE, O. E., J. H. TSAI and D. T. GORDON. 1981. Corn stunt spiroplasm and viruses associated with a maize disease epidemic in Southern Florida. *Plant Diseases* 65:837-841.

CAVALLI, L. L. 1952. An Analysis of Linkage in Quantitative Inheritance. **In:** *Quantitative Inheritance* E C R Rieve, and C H Waddington (eds). London. pp. 135-144.

CEBALLOS, H., S. PANDEY and L. NARRO. 1997. Relative importance of additive, dominance and epistatic effects for maize in acidic-and noacidic soils. **In:** *Book of Abstracts. The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops; An International Symposium*. Mexico, D. F. Mexico. p. 42.

CHAUDHAURI, L. B. and P. K. SINGH. 1997. Genetic diversity and combining ability of inbred lines derived from heterotic maize populations. **In:** Book of Abstracts. The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops; An International Symposium. Mexico, D. F. Mexico. p. 150.

CORTEZ, H. M., A. C. RODRÍGUEZ, M. G. GUTIÉRREZ, J. I. DURÓN, R. C. and G. M. OYERVIDES. 1985. Evaluation of broadbase improvement populations of maize (*Zea mays* L.) I. Cumulative gene effects and heterosis. Univ. Aut. Agraria Antonio Narro. Res. Pub. Buenavista. Saltillo. México. 43 p.

DAVIS, R. E. 1966. Biology of the leafhopper *Dalbulus maidis* at selected temperatures. Journal. Economic Entomology 59:766.

DUVICK, D. N. 1972. Continuous backcrossing to transfer prolificacy to a single eared inbred line. American Society Agronomy Abs: 6.

FASOULAS, A. 1986. The application of genetics to plant breeding. Pub. No. 8. Dept. Gen. Plant Breeding. Aristotelian University of Thessaloniki, Greece. pp. 23-25.

GÁMEZ, R. 1983. The ecology of maize rayado fino virus in the american tropics. Plant Virus Epidemiology. pp. 267-275.

GOODNIGHT, C. J. 1997. Epistasis and heterosis. **In:** Book of Abstracts. The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops; An International Symposium. Mexico, D. F. Mexico. p. 67.

GRANADOS, R. R., K. MARAMOROSCH and E. SHIKATA. 1968. Mycoplasma: Suspected etiologic agent of corn stunt. National Academy Of Sciences. USA Proc. 60:841-844.

GROGAN, C. O. and E. E. ROSENKRANZ. 1968. Genetics of host reaction to corn stunt virus. Crop Science 8:251-254.

HALLAUER, A. R. and J. B. MIRANDA. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa Sate University. Press, Ames. pp. 159-294.

JOHNSON, G. R. 1971. Analysis of genetic resistance to maize dwarf mosaic disease. Crop Science 11:23-24.

JUGENHEIMER, W. R. 1981. Variedades Mejoradas, Métodos de Cultivo y Producción de Semillas. Ed. Limusa. 1a. Edición. México, D.F. pp. 438.

KHOTYLEVA, L. V. and L. A. TARUTINA. 1997. Nonallelic interations and heterosis in corn: **In:** Book of Abstracts. The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops, An International Symposium. México. p. 146.

KING, A. B. S. and J. L. SAUNDERS. 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. Overseas Development Administration, London. 182 p.

LOZOYA, S. H. 1989. Diagnóstico de enfermedades de plantas y bibliografía sobre Fitopatología. Universidad Autónoma Chapingo, México. pp.13-23.

MARAMOROSCH, K. 1955. The occurrence of two distinct types of corn stunt in Mexico. *Plant Disease Reporter* 39:896-898.

MARKHAM, P. G. and A. S. ALIVIZATOS. 1983. The transmission of corn stunt spiroplasma by natural and experimental vectors. **In:** Proceedings International Maize Virus Disease Colloquium and Workshop. Wooster. DT Gorgon, JK Knoke and RM Ritter (eds). Ohio. pp. 56-61.

MARKHAM, P. G., R. TAUSEND, K. PLASKITT and P. SAGLIN. 1977. Transmission of corn stunt to dicotyledoneous plants. *Plant Disease* 61:342-345.

MÁRQUEZ, S. F. 1985. Genotecnia Vegetal: Métodos Teoría Resultados. 1ª Edición. AGT Editor, S. A. p. 92.

NARRO-LEÓN, T. P. and J. B. MIRANDA. 1997. Heterosis for resistance to virus, phytoplasmas, and spiroplasma in maize: **In:** Book of Abstracts. The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops, An International Symposium. México. p. 178.

NAULT, L. R. 1980. Maize bushy stunt and corn stunt: a comparison of disease symptoms, pathogen host ranges, and vectors. *The American Phytopatology Society*. 70:659-662.

NAVARRO, G. E. and E. F. BORREGO. 1993. Efectos génicos y heterosis en poblaciones parentales y poblaciones derivadas de maíz (*Zea mays* L.). *Agronomía Mesoamericana* 4:7-10.

TODOROVIC, G., G. SURLAN, I. SATARIC and T. ZIVANOVIC. 1997. Genetic effects of heterosis in maize hybrid yields. **In:** Book of Abstracts. The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops; An International Symposium. Mexico, D. F. México, p. 16.

VICENTE, F. M., A. BEJARANO, J. CROSSA and C. MARÍN. 1997. Heterotic patterns among tropical late yellow maize germoplasm in Venezuela. **In:** Book of Abstracts. The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops; An International Symposium. Mexico, D. F. Mexico. p. 306.

## AGRONOMIA TROPICAL

Revista del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas  
Venezuela

### Instrucciones para los Autores

Agronomía Tropical publica trabajos originales producto de la investigación en el área de la agronomía. Se reconocen por trabajos originales aquellos que son producto de la investigación o experimentación, que tienen como objetivo concreto desarrollar nuevos conceptos o tecnologías y adaptar las existentes a las condiciones locales.

El envío de trabajos a **Agronomía Tropical** implica que no han sido presentados para su publicación en otra revista.

Los trabajos cortos, que describen técnicas experimentales, equipos, fenómenos naturales, o especies nuevas, serán publicados en la revista como notas. También se aceptan reseñas de libros recientemente publicados.

### Manuscritos

Se requieren un original y tres copias legibles, mecanografiadas a doble espacio en papel blanco tamaño carta (28,0 x 21,5 cm), utilizando una sola cara con márgenes de 2 cm en la parte superior y 3 cm en los demás lados. Las páginas deben ser numeradas consecutivamente. La versión final del trabajo, en la cual se han acogido las observaciones de los revisores, deberá remitirse tanto en un original mecanografiado como en un disquette transcrito en MS Word 6,0 o superiores.

La secuencia en la presentación de un trabajo es como sigue: título, autor(es), palabras clave, resumen, introducción la cual debe incluir la revisión de literatura, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones (si las hubiere), resumen (summary) y título en inglés, agradecimiento (si hubiere), bibliografía.

Los títulos de cada una de las partes del trabajo deben insertarse en el texto en letras mayúsculas y en el centro de la página.

La extensión del trabajo no debe exceder de 25 páginas a doble espacio, incluyendo en ellos cuadros, figuras y referencias.

**Título.** Escrito en letras mayúsculas, debe ser claro y conciso, procurando no excederse de 20 palabras. Debe identificar y describir concretamente el contenido del trabajo, sin abreviaturas. Sólo deben incluirse los nombres comunes de plantas, insectos, etc., cuando se requiere, dejando como palabra clave el nombre científico de los mismos.

**Autor(es).** Primer nombre completo, inicial del 2<sup>do</sup> y apellidos completos. Después de los nombres se usarán asteriscos para identificar al pie de página el cargo, la institución y dirección postal donde trabajan. Debe usar el nombre completo de la institución con la abreviatura o sigla entre paréntesis. Al pie de página puede identificarse, si es necesario, la institución que financió el trabajo, o si es parte de una tesis de grado.

**Resumen.** Debe tener un máximo de 250 palabras (150 para las notas), en un sólo párrafo. Específicamente debe exponer cuál es el objetivo del trabajo, cómo se realizó, los resultados cuantitativos más relevantes, porqué son relevantes, y la conclusión. Los entes biológicos y los suelos deben ser identificados por sus nombres científicos cuando son mencionados por primera vez en el resumen y en el summary y la primera vez que aparezcan en el cuerpo del trabajo, tanto en castellano como inglés, y no deben repetirse en el cuerpo del artículo.

**Palabras Clave.** Son aquellas que permiten identificar el tópico que se discute en el texto y que faciliten la elaboración del índice de materias, tratando de no repetir las que se usen en el título. Debe incluir los nombres científicos de los entes biológicos.

**Introducción.** Debe estar formada por una breve referencia de los antecedentes que motivaron a la realización del trabajo; igualmente debe incluir la revisión de literatura con las investigaciones más recientes que aporten ideas fundamentales para la realización del trabajo. También incluirá el objetivo del mismo. Para las referencias bibliográficas se usará el sistema de apellidos del primer autor y el año de publicación.

**Materiales y Métodos.** La presentación debe ser clara y concreta, siguiendo un ordenamiento lógico de las técnicas empleadas en la investigación y los materiales utilizados. Los procedimientos analíticos y estadísticos usados deben ser descritos claramente o citados como referencias bibliográficas.

**Resultados y Discusión.** Esta sección debe satisfacer los objetivos que se señalaron en la introducción, manejando la información cuantitativa a través de cuadros o figuras a fin de transmitir en forma clara el significado de los resultados obtenidos. Es necesario el uso de la estadística para verificar la validez de los resultados, cuando así se requiera. La discusión de los datos deberá hacerse basada en los soportes disponibles en la literatura.

**Agradecimiento.** Se utilizarán para reconocer a aquellas personas que han hecho contribuciones sustanciales al trabajo o han prestado asistencia técnica. Igualmente para reconocer a las instituciones que han brindado apoyo financiero a la investigación.

**Cuadros.** Cada cuadro se presentará en hoja separada, colocada a continuación del texto donde se haga alusión a él por primera vez, y seguirán la paginación del texto. El contenido de los cuadros no debe ser duplicado en las figuras. Los asterísticos se usarán para mostrar el nivel de significancia estadística de 0,05 (\*), 0,01 (\*\*) y 0,001 (\*\*\*); los asteriscos deben ir acompañados del nombre de la prueba estadística realizada. Para otras llamadas deberán utilizarse otros símbolos. El título del cuadro debe ser concreto y expresar el contenido del mismo.

**Figuras.** Se entiende por figura cualquier ilustración que se incluya en el trabajo (gráficos, dibujos, fotografías, esquemas, mapas). Estas no deben ser una duplicación de la información de los cuadros. Las figuras pueden dibujarse a mano alzada con tinta china en papel albanenè, o elaboradas con un software y reproducidas en impresora láser. De ser posible, use figuras de 1/2 página (9 x 11 cm). No es deseable usar letras mayúsculas en el título el cual debe colocarse en la parte inferior de la figura.

En caso de usar fotografías, las leyendas se describirán en hoja aparte, con el respectivo número de la figura. Se requieren los negativos o diapositivas, marcadas por detrás con lápiz suave, con el número de la figura y el título del artículo.

Para las fotografías y otros dibujos digitalizados, los mismos deberán procesarse en formato TIFF (cmyk). En cuanto a los gráficos (líneas, barras, tortas...) se recomienda utilizar Harward Graphic o Excel, adjuntando la información con la cual se elabora la figura, de tal manera que cuando se requiere pueda ser modificada en la oficina de edición de la revista. No use innecesariamente gráficos tridimensionales.

Debe evitar el uso del color en los gráficos y demás figuras, ya que esto encarece la edición de la revista. De requerirse el uso del color en las fotografías, agrúpelas y numérelas secuencialmente.

**Bibliografía.** Sólo deben ser incluidas publicaciones que estén disponibles en las bibliotecas; las comunicaciones personales serán citadas en el texto al pie de página indicando el nombre completo y la dirección del autor de la comunicación, el año en que se produjo. Las citas bibliográficas deben ser ordenadas alfabéticamente siguiendo el siguiente esquema:

- Artículos de revistas: autor(es), colocar el apellido del primer autor y luego la inicial del nombre, para los otros autores, primero la inicial del nombre y luego el apellido (en mayúscula); año de la publicación; título del artículo; abreviatura del nombre de la revista; volumen; página inicial y final del artículo.

- Libros y folletos: autor(es), año de la publicación, título, editor o traductor, número de la edición, lugar de la publicación (ciudad), casa editorial, paginación y serie.
- Artículos en una publicación colectiva: autor(es), año de la publicación, título del artículo, preposición latina **In** subrayada o en negrita, y seguida de dos puntos (:) y luego la referencia completa del libro.
- Tesis: autor, año, título, la palabra tesis, el grado académico en forma abreviada y en el mismo idioma en que está redactada la tesis, ciudad, país, universidad, facultad y número de páginas.

Dos o más artículos del mismo autor(es) deben ser ordenados cronológicamente, en caso de ser del mismo año debe usarse letras minúsculas a, b, c, d, etc.

**Revisión de los Manuscritos.** La revista garantiza la confidencialidad en el proceso de revisión de los trabajos por parte de especialistas reconocidos.

### **Estilo.**

Los entes biológicos deben ser identificados por sus nombres científicos completos (binomial) en el título (cuando se requiera así como en el resumen, summary y la primera vez que se mencionan en el cuerpo de trabajo).

Los nombres de productos comerciales deben evitarse, prefiriéndose el nombre genérico. Cuando ello sea posible utilícelo seguido del símbolo®.

Los nombres de las variedades, cultivares e híbridos deberán acompañarse de virgulillas o comillas simples sólo cuando se mencionen por primera vez en el resumen, en el summary y en el cuerpo del artículo.

Los suelos deben ser identificados taxonómicamente; si el nombre de la serie no es muy conocido deberá señalarse la familia.

Los símbolos no tienen plural ni llevan punto (.) después de ellos, y sólo se escriben en mayúsculas aquellos derivados de nombre propios Celsius, Kelvin, Joule.

Los decimales deben separarse con coma (,) y no con punto (.). Las unidades de mil o millón se indicarán con un espacio en blanco.

La abreviatura correspondiente a Agronomía Tropical es Agronomía Trop.

Composición: Carmen Elena Solórzano  
Montaje: Nury Castillo  
Fotolito: Mario Pino  
Impresión: Juan Salas

Impreso en el Taller Gráfico del INIA  
Maracay, estado Aragua, Venezuela  
Abril de 2006

