

## Nota Técnica

### Método para la estimación de rendimiento en siembras de maíz

#### A method for estimating the yield in maize plantings

Pedro Monasterio<sup>1\*</sup>, Francis Pierre<sup>2</sup>, Jacinto Tablante<sup>1</sup>, Waner Maturét<sup>1</sup>, Rogelio Ortega<sup>1</sup>  
y Fanny Sánchez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, <sup>1</sup>INIA-Yaracuy e <sup>2</sup>INIA-Lara. \*Correo electrónico: pmonasterio@inia.gob.ve

#### RESUMEN

En el cultivo de maíz, la mazorca constituye el órgano responsable de la producción de los granos; su tamaño, cantidad y calidad responden al manejo agronómico aplicado al cultivo, con resultados positivos o negativos. La fertilización y control de plagas en la fase de desarrollo vegetativo, la distribución del agua de lluvia durante la polinización y la fase de llenado, son los responsables del tamaño y peso de granos. El objetivo del presente trabajo fue generar un método para facilitar al productor o técnico el cálculo del rendimiento ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de la cosecha en la parcela, con base en la combinación de los componentes de la mazorca y el número de mazorcas comerciales por plantas. Para la estimación de rendimientos se necesitan los valores promedio de las variables que conforman la mazorca estándar, tales como: número de hileras, número de granos por hileras, total de granos de la mazorca y peso de 100 granos, validadas estadísticamente. Además, el método es aplicable para dos escenarios: utilizando el valor de la mazorca estándar en siembras sin problemas, y en siembras con problemas de prácticas de manejo agronómico. Para casos de estrés hídrico, por déficit o exceso, el método no funciona.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., producción, mazorcas, parámetros.

#### ABSTRACT

In corn crop, cob is the organ responsible for the production of grain, size, quantity and quality respond to agronomic management applied to the crop, with positive or negative results. Fertilization and pest control in the phase of vegetative development, distribution of rainwater in pollination and filling phase, are responsible for the size and weight of the grains. The objective of this work was to create a method for facilitating the producer or technician, the calculation of the crop yield in the plot ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), based on the combination of components of the cob and the number of cobs per commercial plants. For these estimate yields, average values of the variables that make up the standard cob like total grains cob, number of kernels per row and number of rows in addition to the weight of 100 grain, statistically calculated will be needed. Furthermore, the method is applicable for two scenarios: using the value of the standard sowing cob in smoothly; and crops with problems agronomic management practices. For cases of water stress, deficit or excesses, the method does not work.

**Key words:** *Zea mays* L., production, cobs, parameters.

## INTRODUCCIÓN

La cuantificación del número de granos presentes por mazorca y su peso, es la manera correcta de estimar el rendimiento en maíz ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), partiendo del hecho que la técnica de muestreo empleada fue precisa. Santella y Medina (2011) indican que, de manera general, todos los métodos de estimación a nivel micro están dirigidos a determinar la población de plantas útiles que existen por unidad de superficie. La producción promedio por planta en dicha población se calcula desgranando varias mazorcas representativas y promediándose el peso del grano obtenido, al cual se le ha determinado la humedad del grano y ajustado el peso al 12%.

La densidad de plantas es otro factor clave para altos rendimientos, porque representa el potencial de mazorcas por hectárea. Sembrar más kilogramos de semilla o plantas por metro lineal, afecta el tamaño de la mazorca, el número y peso de los granos.

Bragachini *et al.* (2002) expresan que, cuando la distribución de plantas es desuniforme, la sobredensidad ejerce un efecto de competencia, apareciendo, plantas dominadas y dominantes, que generalmente no pueden recuperarse al avanzar su ciclo. En consecuencia, sufren un importante aborto de granos durante su floración, provocando una caída del rendimiento; lo cual también puede manifestarse por la heterogeneidad de profundidades en el momento de la siembra.

En función de estas observaciones, se reconoce que la densidad en un ensayo es mayor a la de un campo comercial, pero en ambas, todos los métodos deben contabilizar el número de mazorcas y el rendimiento se estima cuantificando el total de granos de las mazorcas, a través de hileras de granos, número de granos por hileras y peso de 100 o 1000 semillas. Campodónico (2012a) estudió el efecto de dos densidades en maíz sobre la variable rendimiento y cuantificó dentro de ésta, la cantidad de hileras de la mazorca, el número de granos por mazorca y el peso de 1000 granos, como base para hacer una estimación de la producción.

Para calcular el rendimiento en el cultivo maíz, la forma más sencilla consiste en multiplicar

el número de granos por unidad de superficie por su peso medio. El número de granos por unidad de superficie del cultivo, se calcula en función de número de mazorcas por planta, número de granos por mazorcas y el número de plantas por superficie, las cuales son afectadas por las condiciones climáticas, como la distribución de la precipitación en las etapas críticas, lo que disminuye el rendimiento.

Monasterio *et al.* (2008) y Monasterio *et al.* (2009) indican que la etapa más crítica es floración - polinización, seguida del llenado de granos, donde deben tener agua disponible en el suelo, al menos una semana antes. Giménez (2012) determinó que el estrés hídrico en las etapas críticas, reduce el rendimiento potencial hasta un 50% y las variables más sensibles son: el número de granos por mazorca y el peso. Incluso los fenómenos climáticos, como El Niño Oscilación del Sur (ENOs), cuando afectan la precipitación e influyen sobre su distribución, se reflejan en los rendimientos del maíz.

Monasterio *et al.* (2012) concluyen que, la distribución de la precipitación en el ciclo de siembra del maíz es la responsable de la variabilidad en los rendimientos, independientemente de la fase (cálida o fría) del ENOs que ocurra.

En los años 2000, 2001, 2007 y 2008, durante el fenómeno de La Niña (fase fría), el cambio en la distribución de la precipitación, reflejó un incremento en el tercer trimestre, coincidiendo con la etapa de floración y afectando la producción de granos (Monasterio *et al.*, 2012). Estas razones son fundamentales para el cálculo de la mazorca estándar, porque su base de registro abarca nueve ciclos, donde la variabilidad de las condiciones climáticas fueron responsables de los rendimientos alcanzados por los híbridos.

El objetivo del presente trabajo es generar un método sencillo que facilite al productor o técnico, el cálculo del rendimiento de la cosecha en la parcela ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) con base en la combinación de los componentes de la mazorca y al número de mazorcas por plantas comerciales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La base de datos consistió en una muestra de 1300 mazorcas pertenecientes a los Ensayos Regionales Uniformes de Híbridos Blancos de maíz (ERUHB) período 2001-2009 evaluados en el campo experimental de Yaritagua del INIA-Yaracuy (Latitud 10°2'37"; Longitud: 69°5'20,5"; 308 m.s.n.m.), ubicado en el Rodeo, municipio Peña del estado Yaracuy.

De acuerdo a los registros de las evaluaciones de los nueve ciclos, el número de hileras por mazorca fue de 14; siendo un valor de tendencia lineal, es decir con poca variabilidad e influenciado por el ambiente (Figura 1 y 2).

El peso de 100 granos osciló entre 31,75 y 38,70 g, con un promedio de 35,08 g y el número de granos por hilera promedio fue de 30,48 granos. Con estos datos validados estadísticamente se calculó la mazorca estándar, la cual representa una mazorca promedio en peso y número de granos, en función de la variabilidad ambiental de los ciclos evaluados, que facilite la estimación del rendimiento en las siembras. Con el valor de la mazorca estándar se construyó el Cuadro 1, que permite estimar el rendimiento en función del número de granos o su peso, indicado en las respectivas columnas y multiplicado por la estimación de la cantidad de mazorcas por hectárea.

En el análisis de las variables: granos por hileras, hileras de granos por mazorcas y el peso de 100 granos, se usó el análisis de componentes principales de la varianza total (ACP), realizado con Infostat v1.0/Profesional (InfoStat, 2004), que posteriormente fueron identificados con la gráfica de doble representación, Biplot (Morrison, 1976).

En la tabulación, cálculo, procesamiento de los datos y construcción del cuadro de estimación de rendimiento, con el valor de la mazorca estándar, se empleó la hoja de cálculo electrónica Microsoft® Excel 2003.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Cálculo del número total de granos y peso en la mazorca estándar

Los valores para el cálculo de la mazorca estándar provienen de las evaluaciones de los

ERUHB, durante nueve ciclos, analizados y graficados en las Figuras 1 y 2.

El proceso de cálculo se detalla a continuación:

GRAPM: Granos por mazorca

HPM: Hileras por mazorca = 14

GRAPH: Granos por hilera = 30,48

**GRAPM** = HPM x GRAPH = 14 x 30,48  
= 426,72 granos

El número de granos de la mazorca estándar es de 426,72 granos

PGRAM: Peso de los granos de la mazorca

Se plantea una regla de tres para conocer el peso de los granos:

100 granos pesan ---- 35,08 g

426,72 granos-----X

$X = (426,72 \times 35,08)/100 = 149,69 \text{ g}$

Los granos de la mazorca estándar pesan 149,69 g.

Las Figuras 1 y 2, muestran el comportamiento de las variables del rendimiento que forman la mazorca. En la Figura 1 se observa que el rendimiento se asocia al número de granos presentes en las hileras, variable que se vincula al efecto de las condiciones climáticas presentes durante el ciclo, así como las prácticas de manejo y distribución de la lluvia, según lo indican trabajos de Bragachini *et al.* (2002); Campodónico (2012 b); Monasterio *et al.* (2008); Monasterio *et al.* (2009); Giménez (2012) y Monasterio *et al.* (2012).

En la Figura 2, se muestra la variabilidad durante los ciclos, destacándose el número de hileras por mazorca y peso de 100 granos, con menor variabilidad en los ciclos, lo que sugiere menor influencia de los factores ambientales, como respuesta de la genética de los cultivares; contrariamente a granos por hilera y rendimiento, en ambas figuras el comportamiento sugiere el mismo patrón.

El Cuadro 1 conforma la propuesta para calcular los rendimientos en  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  a través del valor de la mazorca estándar, y en función del total de granos y peso, para valores superiores o menores a la mazorca estándar. Para la estimación, se calcula el número de plantas

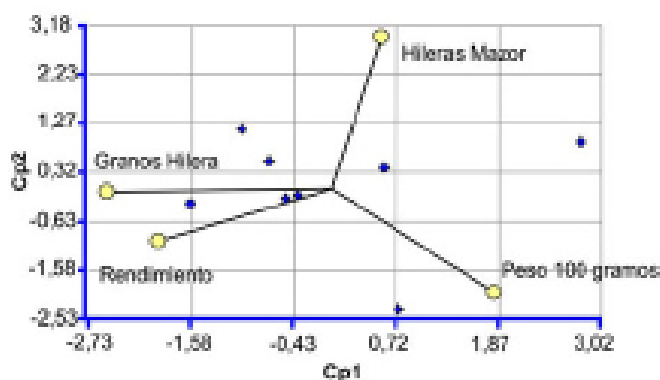


Figura 1. Asociación de los componentes de las mazorcas con el rendimiento. Ciclos 2004-2009. Ensayos Regionales Uniformes de Híbridos Blancos. Campo experimental del INIA, Estación Local Yaritagua. El Rodeo, municipio Peña - Yaracuy.

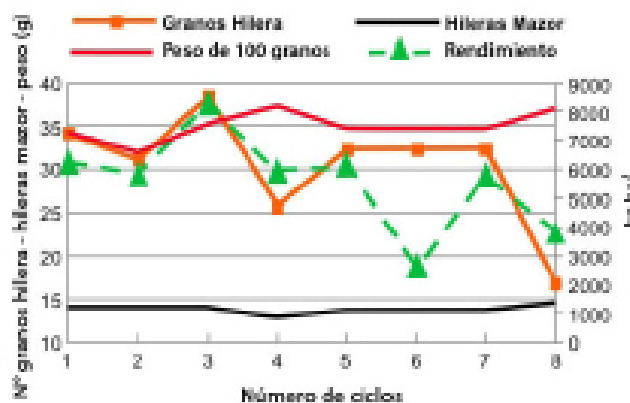


Figura 2. Comportamientos de la producción y componentes del rendimiento en los ciclos: 2001-2009. Ensayos Regionales Uniformes de Híbridos Blancos. Campo experimental del INIA, Estación Local Yaritagua. El Rodeo, municipio Peña - Yaracuy.

Cuadro 1. Estimación del rendimiento (kg.ha<sup>-1</sup>) de maíz en función del número y peso de los granos de la mazorca estándar.

Mazorca estándar		Número de mazorcas por hectárea					
Total granos	Peso (g)	10000	15000	20000	30000	40000	50000
50	17,54	175,4	263,1	350,8	526,2	701,6	877,0
100	35,08	350,8	526,2	701,6	1052,4	1403,2	1754,0
200	70,16	701,6	1052,4	1403,2	2104,8	2806,4	3508,0
300	105,24	1052,4	1578,6	2104,8	3157,2	4209,6	5262,0
400	140,32	1403,2	2104,8	2806,4	4209,6	5612,8	7016,0
500	175,4	1754,0	2631,0	3508,0	5262,0	7016,0	8770,0
600	210,48	2104,8	3157,2	4209,6	6314,4	8419,2	10524,0
700	245,56	2455,6	3683,4	4911,2	7366,8	9822,4	12278,0
800	280,64	2806,4	4209,6	5612,8	8419,2	11225,6	14032,0
900	315,72	3157,2	4735,8	6314,4	9471,6	12628,8	15786,0
1000	350,80	3508,0	5262,0	7016,0	10524,0	14032,0	17540,0

Fuente: Programa de maíz y clima del INIA - Yaracuy.

con mazorcas que tiene la parcela de acuerdo al muestreo; este número debe estar dentro del rango 10000 - 50000 mazorcas por hectárea (Cuadro 1, eje horizontal). Si es mayor a 50000, se puede calcular con los parciales de las otras columnas. Posteriormente, se busca el valor correspondiente del número de granos o su peso

en la columna respectiva (Cuadro 1, eje vertical). La intersección de los valores en las columnas de total de granos o peso y del número de mazorcas será el valor del rendimiento. En caso de no existir el valor en las columnas o fila, se suman sus parciales.

## CONCLUSIONES

El método de estimación de cosecha es sencillo y fácil de utilizar, ya que no requiere mediciones o cálculos complicados para siembras con o sin problemas de manejo, dado que los valores están validados estadísticamente, siendo necesario solo estimar el total de mazorca en la parcela, de manera total o parcial.

El cuadro de estimación facilita el cálculo de rendimientos parciales, porque se pueden realizar *in situ* utilizando cualquiera de las dos columnas, determinando el peso de la mazorca promedio en gramos o en número de granos de los puntos de evaluación, que deben ser de 10 repeticiones, para minimizar el error en el rendimiento estimado.

Para el cálculo de rendimiento donde el número de mazorcas es mayor a los valores que aparecen en el cuadro de estimación, se pueden sumar los rendimientos parciales de las columnas hasta alcanzar el valor requerido o utilizar el valor de la “mazorca estándar” directamente.

Al conocer los valores de los componentes de la mazorca, el método permite un ahorro de tiempo al productor o al técnico de campo en las visitas de inspección, permitiendo recorrer mayor número de hectáreas o parcelas de siembra.

## RECOMENDACIONES

No se recomienda la aplicación del método en siembras afectadas por estrés hídrico, especialmente déficit, porque el fundamento del método está basado en el tamaño de los granos, expresado en número y peso. Una mazorca afectada por estrés hídrico en la fase de llenado, tiene la misma cantidad de granos, pero son pequeños y de bajo peso.

## LITERATURA CITADA

- Bragachini, M., A. von Martini, A. Méndez, F. Pacioni, M. Alfaro. 2002. Siembra de maíz, eficiencia de implantación y su efecto sobre la producción de grano. Tercer Taller Internacional de Agricultura de Precisión del Cono Sur de América. Programa Cooperativo para Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur). Carlos Paz, Córdoba, Argentina. 9 p.
- Campodónico, F. 2012a. Evaluación de rendimientos de maíz en función de distintas densidades de siembra, en el partido de Lima, provincia de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en línea: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/evaluacion-rendimientos-maiz-uncion-densidades.pdf> [Ago. 6, 2013].
- Campodónico, F. 2012b. Evaluación de rendimientos de maíz en función de distintas densidades de siembra, en el partido de Lima, provincia de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en línea: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/evaluacion-rendimientos-maiz-funcion-densidades.pdf> [Ago. 6, 2013].
- InfoStat. 2004. InfoStat, versión 2004. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA), Universidad Nacional de Córdoba. Primera edición, editorial Brujas, Argentina. Disponible en línea: [file:///E:/Downloads/Manual\\_infostat\\_esp.pdf](file:///E:/Downloads/Manual_infostat_esp.pdf) [May. 10, 2016].
- Giménez, L. 2012. Producción de maíz con estrés hídrico provocado en diferentes etapas de desarrollo. *Agrociencia*. Paysandú, Uruguay. 16(2):92-102. Disponible en línea: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S1510-8392012000200011&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S1510-8392012000200011&script=sci_arttext). [Ago. 8, 2013].
- Monasterio, P., P. García, G. Alejos, A. Pérez, J. Tablante, W. Maturét y L. Rodríguez. 2008. Influencia de la precipitación sobre el rendimiento del maíz: Caso Híbridos Blancos. *Agronomía Tropical*. 58(1):69-72. Disponible en línea: [http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas\\_ci/Agronomia%20Tropical/tcat\\_61.html](http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/tcat_61.html) [Jun. 24, 2012].
- Monasterio, P., G. Alejo, F. Pierre, T. Barreto, L. Figueredo, P. García, A. Pérez, J. Tablante y W. Maturét. 2009. Influencia de la precipitación en el rendimiento de variedades blancas de maíz, en los ensayos regionales del estado Yaracuy. INIA HOY. Volumen 5 (may - ago). Disponible en línea: [http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas\\_](http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_)

- tec/inia\_divulga/inf\_general.htm [Abr. 24, 2012].
- Monasterio, P., F. Pierre, T. Barreto, C. Marín, O. Mora, J. Tablante y W. Maturét. 2012. Influencia del ENOS sobre la precipitación y su relación con el rendimiento del maíz, municipio Peña, estado Yaracuy. Venezuela. *Agronomía Tropical*. 61(1):59-72. Disponible en línea: [http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas\\_ci/Agronomia%20Tropical/tcat\\_61.html](http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/tcat_61.html) [Abr. 24, 2012].
- Morrison, D. F. 1976. *Multivariate Statistical Methods*. 2nd Ed., New York: McGraw-Hill Book Co. 338. Available online: <https://searchworks.stanford.edu/view/3057610>. [Apr. 29, 2012].
- Santella, M. y S. Medina. 2011. Métodos de estimación de cosechas en maíz. In: *Maíz bajo riego en la planicie de Maracaibo* © Instituto Nacional de Investigaciones