

## DISTRIBUCIÓN Y VARIACIÓN DEL RENDIMIENTO POR PLANTA ANTE CAMBIOS EN LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN MAÍZ

SUÑE, M. R.<sup>1</sup>, MISTORIGO, D.<sup>1</sup>, CAVIGLIA, O. P.<sup>1,2</sup> & LISSASO, C. M. A.<sup>1</sup>

### RESUMEN

La planta de maíz presenta una muy baja plasticidad vegetativa y reproductiva para compensar las diferencias producidas por la desuniformidad de siembra. Los objetivos del trabajo fueron evaluar en diferentes dosis de fertilización con nitrógeno en un cultivo de maíz: 1) como se modifica el patrón y la magnitud de la distribución del rendimiento por planta y 2) como es afectado el rendimiento por el aumento en el desvío estándar de la distancia media entre plantas. Se realizó un experimento en dos años contrastantes en cuanto a la disponibilidad hídrica, evaluándose cuatro tratamientos: 0, 70, 140 y 210 kg.ha<sup>-1</sup> de N. La media de rendimiento por planta se incrementó en los tratamientos fertilizados en relación al testigo, mientras que el desvío estándar no fue afectado por la aplicación de N. En los tratamientos N140 y N210 el rendimiento se redujo entre 1,7 y 2,3% por centímetro de aumento en el desvío estándar.

*Palabras clave:* maíz, nitrógeno, rendimiento por planta, variabilidad de rendimiento.

### SUMMARY

#### **Distribution and variability of maize yield per plant as affected by nitrogen fertilisation.**

Maize plant show a small vegetative and reproductive plasticity to offset an uneven plant population distribution. Nitrogen (N) supply can improve crop plasticity due to its effects on leaf expansion. The objectives of this investigation were to study: the effects of N on: 1) yield variation among plants and 2) yield per unit area as affected by plant uneven distribution. Two seasons of experiments in which water availability was contrasting were conducted. Four treatments were evaluated: 0, 70, 140 y 210 kg N.ha<sup>-1</sup>. Nitrogen supply increased yield per unit area when water availability was adequate. Yield per plant was increased and standard deviation was unaffected by N. Yield per unit area was decreased between 1.7 and 2.3 % per unit of change in standard deviation of the distance between plants in fertilized treatments (N140 and N210).

*Key words:* Nitrogen, plant variability, yield distribution, maize.

---

1.- Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNER. Ruta 11, km. 10. C.C. 24 (3100) Paraná, Entre Ríos.

2.- INTA, EEA Paraná.

Manuscrito recibido el 2 de julio de 2002 y aceptado para su publicación el 3 de junio de 2003.

## INTRODUCCIÓN

La planta de maíz presenta una muy baja plasticidad vegetativa y reproductiva debido a su poca capacidad de ajustar su área foliar ante aumentos en la disponibilidad de recursos y a su baja prolificidad (Andrade *et al.*, 1996). Esta característica lo transforma en el cultivo estival más sensible a la desuniformidad de siembra debido a que las plantas dominadas sufren importantes disminuciones en el número de granos, y en ocasiones esterilidad, que no pueden ser compensadas por la mayor producción de las plantas dominantes (Vega *et al.*, 2001).

Cuando la densidad de plantas de maíz aumenta (i.e. mayor competencia por recursos ambientales) la biomasa promedio de planta decrece y aunque esta variable es relativamente predecible a partir de la densidad, el peso de planta individual no lo es debido a que algunos individuos crecen más que otros, por efecto de su variabilidad, estableciéndose una jerarquía de dominancia (Solbrig & Solbrig, 1985; Kikuzawa, 1999). Si la tasa de crecimiento por planta en floración se acerca a los umbrales de esterilidad, las plantas subordinadas abortan sus espigas, lo que puede deberse a que éstas se encuentran relegadas en la distribución de asimilados (Frugone, 1994) por su posición axilar en contraposición a la panoja que presentaría dominancia apical.

Una distribución uniforme de las plantas sobre la hilera de siembra asegura un espacio de exploración para cada una. En caso contrario, se producen situaciones de excesiva competencia entre dos o más plantas, quedando alguna de ellas dominada y con menor producción e incluso estéril. Al mismo tiempo se producen espacios vacíos, desaprovechándose recursos y favoreciéndose el crecimiento de malezas, indicando la conveniencia de lograr una buena distribu-

ción de plantas en la hilera de siembra.

La distribución de frecuencias del rendimiento en grano por planta tiende a presentar asimetría negativa (con cola pronunciada hacia la izquierda) y posteriormente una bimodalidad, al aumentar la densidad de plantas (Edmeades & Daynard, 1979). El incremento de la variabilidad del rendimiento en grano por planta es mayor que el aumento de la variabilidad en el peso total de la planta.

Nafziger *et al.* (1991) encontraron que la desuniformidad, como consecuencia de una emergencia despereja, disminuyó los rendimientos de maíces de alta producción un 17 %. Mientras Nielsen (1993) mostró que el rendimiento por hectárea de maíz en el Estado de Indiana (EUA) se redujo alrededor de 0.6 quintales por centímetro de aumento en el desvío estándar del espaciamiento entre plantas en la hilera.

En siembra directa, la fertilización es un componente clave en la producción de maíz, debido a su alto potencial de producción que demanda una abundante provisión de nutrientes, especialmente el nitrógeno (N). En Entre Ríos, cuando no existen limitaciones hídricas severas, los nutrientes que en mayor medida restringen la producción son el nitrógeno en Argiudoles y el nitrógeno y el fósforo en Peludertes (Mistrorigo *et al.*, 1997).

El N en las plantas afecta principalmente a la expansión foliar y en consecuencia, a la intercepción de la radiación, (Uhart, 1995; Caviglia & Papparotti, 2001; Caviglia & Sadras, 2001) por lo que una buena disponibilidad de este nutriente podría conferirle al cultivo de maíz una mejor plasticidad para compensar las diferencias producidas por la desuniformidad de siembra.

Este trabajo tiene por objetivos evaluar en diferentes dosis de fertilización con nitrógeno en un cultivo de maíz: 1) como

se modifica el patrón y la magnitud de la distribución del rendimiento por planta y 2) como es afectado el rendimiento por unidad de superficie por el aumento en el desvío estándar de la distancia media entre plantas. Se propone como hipótesis que la fertilización con N reduce la variabilidad del rendimiento por planta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos en las campañas agrícolas 1999/2000 y 2000/2001 (en adelante Años 1 y 2, respectivamente), en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias U.N.E.R. (31,5° S; 60,3° W; 100 m.s.n.m.), en Colonia Ensayo, Departamento Diamante, Entre Ríos, Argentina.

Se sembró sobre un suelo Argiudol ácuico serie Tezanos Pinto (Plan Mapa de Suelos, 1999 – Convenio INTA-Gob. Pcia. de Entre Ríos) el 1 de septiembre de 1999 (Año 1) y el 27 de Septiembre de 2000 (Año 2), con una sembradora comercial, a 70 cm de distancia entre surcos, con una densidad de 5 (cinco) semillas por metro lineal. Se utilizó el híbrido comercial de cruzamiento triple A952, de ciclo completo en el año 1 y el híbrido comercial de cruzamiento simple ACA 926, de ciclo completo en el año 2.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones y cuatro tratamientos de fertilización: 0, 70, 140 y 210 kg. ha<sup>-1</sup> de N aplicados como urea (46% N) en

forma manual en surcos laterales a la línea de siembra a una profundidad aproximada de 0.08 m, cuando el cultivo presentó entre cuatro y seis hojas desplegadas (V4-V6, Ritchie & Hanway, 1982).

Sobre 7,14 metros lineales en las dos hileras centrales de cada parcela se identificó cada planta y se evaluó en cada una de ellas la distancia media entre plantas, altura después de floración, peso de espiga y sus componentes (raquis, envolturas y granos) en madurez fisiológica. Además se evaluó el rendimiento por unidad de superficie sobre 10 m<sup>2</sup> y sus componentes numéricos.

Los resultados se analizaron empleando estadísticos de tendencia central y dispersión; regresiones lineales, análisis de variancia y pruebas de comparación de medias (Tukey  $\alpha < 0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados fueron obtenidos en dos años contrastantes en cuanto a precipitaciones (Cuadro 1). En el año 1 se registraron pocas precipitaciones, en especial durante el crecimiento vegetativo del cultivo, en cambio en el año 2 las precipitaciones estuvieron mejor distribuidas y el balance hidrológico realizado mostró escaso déficit (resultado no presentado). Las fechas donde el cultivo alcanzó el estado R1, fueron: 3 de diciembre de 1999 (año 1) y 8 de diciembre de 2000 (año 2).

*Cuadro 1. Precipitaciones (mm) mensuales registradas en el sitio experimental durante las campañas agrícolas 1999/2000 (Año 1) y 2000/2001 (Año 2).*

Año	Meses							
	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.
1	42	9	18	18	13	117	60	233
2	38	57	74	89	112	87	143	72

En el año 2 el agregado de N incrementó el rendimiento en granos por unidad de superficie de los tratamientos fertilizados con respecto al testigo (Cuadro 2), a través de un aumento, tanto en el número como en el peso de los granos ( $p < 0,05$ ).

En los dos años el máximo rendimiento fue logrado con N140, no encontrándose diferencias significativas entre tratamientos en el año 1 pero si entre el testigo y los demás tratamientos en el año 2 (Cuadro 2).

Los componentes de la espiga fueron, tal como lo informan Uhart & Andrade (1995) afectados por el agregado de N en la misma proporción que el rendimiento en granos, mientras que la altura de plantas (Alt.P) no presentó diferencias significativas entre los tratamientos en el año 1 y si se encontraron diferencias en el año 2 siendo un 17% menor en el testigo que en el resto de los tratamientos. El rendimiento en granos estuvo asociado con la altura de plantas ( $r = 0.84$ ). Las reducciones en el

rendimiento en granos, en consecuencia, podrían haberse producido como resultado de una menor tasa de crecimiento por una menor intercepción de la radiación solar durante el periodo alrededor de la floración, en el cual se define el número de granos, principal componente de rendimiento en el maíz (Andrade *et al.*, 1996).

La menor altura de planta encontrada en el año 1 con respecto al año 2 podría deberse, al menos en parte, al fuerte déficit hídrico durante el periodo vegetativo. En el año 2, la menor altura de planta encontrada en el tratamiento testigo podría estar relacionada con disminuciones en la cantidad de radiación interceptada por el cultivo y la eficiencia con que ésta es convertida en biomasa, tal como ha sido documentado por numerosos autores (e.g. Uhart & Andrade 1995; Andrade *et al.* 1996; Barbieri *et al.* 2000; Caviglia & Papparotti 2001).

Si bien numerosos trabajos informan

Cuadro 2. Rendimiento por unidad de superficie (Rto), peso de espiga (PEsp), peso de envolturas (PChP), peso de raquis (PMP), peso de mil granos (P1000) y altura de planta (Alt.P).

Año	Dosis N (kg/ha <sup>-1</sup> )	Rto (kg ha <sup>-1</sup> )	Pesp (g)	PChP (g)	PMP (g)	P1000 (g)	Alt.P (m)
1	0	5577 a	110,8 a	10,3 a	17,3 a	241 b	1,34 a
	70	6519 a	124,9 a	10,4 a	18,6 a	251 a	1,33 a
	140	6793 a	130,5 a	11,4 a	19,3 a	258 a	1,29 a
	210	6378 a	128,9 a	10,8 a	18,8 a	247 a	1,35 a
2	0	7205 b	151,0 b	12,6 b	12,6 b	304 c	2,17 b
	70	10182 a	214,4 a	16,6 a	16,6 a	320 b	2,34 a
	140	11342 a	237,8 a	18,5 a	18,5 a	333 a	2,34 a
	210	11339 a	245,8 a	19,7 a	19,7 a	342 a	2,34 a

Medias seguidas por letras iguales en sentido vertical no difieren significativamente entre si. Tukey ( $\alpha=0,05$ )

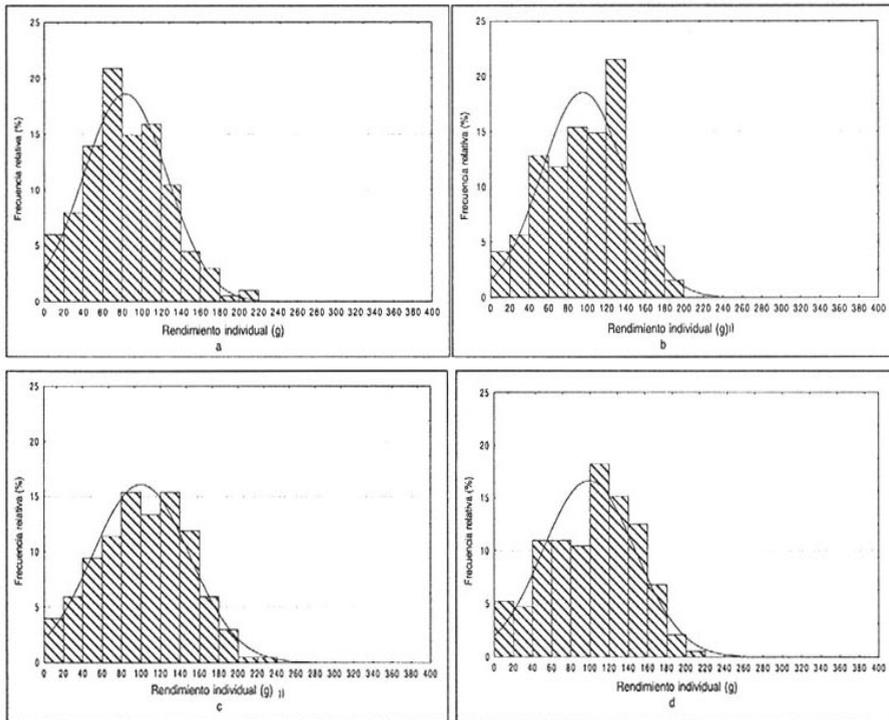
que el peso de granos es el componente del rendimiento que menor variación presenta frente a cambios en la oferta de recursos ambientales (e.g. Claassen & Shaw 1970; Fischer & Palmer 1984), en esta experiencia explicó una parte importante de la variación del rendimiento (Cuadro 2).

En ambos años la media de rendimiento por planta se incrementó en los tratamientos fertilizados en relación al testigo, siendo sólo significativo en el año 2 (Cuadro 3), mientras que el desvío estándar no fue afectado por la aplicación de N.

El menor rendimiento medio por planta esta explicado por una alta proporción de plantas estériles, por una baja proporción de plantas con altos rendimientos y por los menores rendimientos máximos por planta (Fig. 1).

Cuando se analizó la variación en relación a la media del tratamiento (cuantificada por el coeficiente de variación) el testigo presentó el mayor valor en el año 2 ( $p < 0,05$ ) (Cuadro 3) no siendo significativas las diferencias entre tratamientos en el año 1 lo que podría estar vinculado al déficit hídrico registrado.

En el año 2 las mejores condiciones de disponibilidad hídrica habrían permitido que las plantas más distanciadas entre sí mejoren su rendimiento por un incremento en su plasticidad (e.g. aparición de una segunda espiga), lo que podría llevar a confirmar la hipótesis de que la aplicación de N reduce la variabilidad del rendimiento por planta.



**Fig. 1:** Rendimiento individual por planta (g). Año 1. Barras: frecuencias relativas; línea: normalidad teórica. Tratamientos: a) N0; b) N70; c) N140 y d) N210.

Cuadro 3. Estadísticos de tendencia central y de dispersión del rendimiento por planta.

Año	1				2			
	N 0	N 70	N 140	N 210	N 0	N 70	N 140	N 210
Media (g. planta <sup>-1</sup> )	83 a	96 a	100 a	99 a	117 b	169 a	187 a	194 a
Desvío estándar (g. planta <sup>-1</sup> )	42 a	43 a	44 a	47 a	52 a	51 a	50 a	60 a
Coeficiente de variación (%)	51 a	44 a	45 a	48 a	44 a	30 b	27 b	31 b
Mediana	80 a	100 a	104 a	105 a	119 b	176 a	194 a	196 a
Modo	51 a	49 a	53 a	24 a	0 b	179 a	177 a	0 b
Mínimo	0 a	9 a	12 a	0 a	0 a	18 a	39 a	42 a
Máximo	187 a	182 a	189 a	195 a	234 b	269 a	298 a	363 a
Rango	187 a	173 a	177 a	195 a	234 a	251 a	259 a	321 a
N	195	189	192	186	166	172	163	158

Medias seguidas por letras iguales en sentido horizontal no difieren significativamente entre si.

Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

En el año 1 se puede observar en los histogramas de frecuencia (Fig. 1) que en el tratamiento testigo el rango de clases más frecuente es de 70 g.planta<sup>-1</sup> con un 21% y que la tendencia de la distribución es normal por la proporción de plantas de bajo rendimiento o estériles. Con la incorporación de nitrógeno la distribución se aleja de una normal a partir de N70 (Cuadro 4), tomando valores mayores de rendimiento individual de manera más frecuente e incrementándose la asimetría indicando un desplazamiento de la distribución hacia la derecha (Cuadro 4, Fig. 1). En el testigo el 29% de las plantas logró un rendimiento menor a 60 g. planta<sup>-1</sup> mientras que en los tratamientos N70, N140 y N210 un 23.6, 22.7 y 23.4 %, respectivamente de las plantas se ubicaron en esa categoría. Por otro lado, en el testigo sólo un 19.4% de las plantas presentaron un rendimiento mayor a 120 g. planta<sup>-1</sup> mientras en N70, N140 y N210 ese rendimiento fue superado por el 34.4, 37.1 y 37.0% de las plantas, respectivamente.

En los histogramas de frecuencias del año 2 (Fig. 2) se observa que, en el tratamiento testigo, el rango más frecuente es el correspondiente a 110 y 130 g. planta<sup>-1</sup> y que la tendencia de la distribución es normal por la mayor proporción de plantas estériles (3.4%) o con bajo rendimiento por planta. En cambio a medida que se incrementa la dosis de N la distribución se desplaza a la derecha y en N210 deja de asemejarse una distribución normal. En el testigo el 34.3% de las plantas logró un rendimiento de 100 g. planta<sup>-1</sup> o menor mientras que sólo un 8.2, 5.7 y 5.9 % de las plantas se ubicaron en esa categoría en los tratamientos N70, 140 y 210, respectivamente. Por otro lado en el testigo sólo un 33.2% de las plantas presentaron un rendimiento mayor a 140 g.planta<sup>-1</sup> mientras en el resto de los tratamientos ese rendimiento fue superado por el 72.3, 81.2 y 86.5% de las plantas, respectivamente.

La distribución presentó un mayor rango cuando las precipitaciones fueron adecuadas. En el año 1, aún en los tratamientos ferti-

Cuadro 4. *W* de Shapiro-Wilk, probabilidad de normalidad, coeficiente de Curtosis y coeficiente de asimetría.

Año	1				2			
	N0	N70	N140	N210	N0	N70	N140	N210
W	0.972	0.966	0.966	0.959	0.972	0.972	0.971	0.953
P<	0.0492	0.0420	0.0420	0.0002	0.0550	0.0510	0.0373	0.0001
Curtosis	-0.18	-0.39	-0.07	0.01	-0.43	-0.25	0.68	0.59
Coef. de asimetría	0.36	-0.25	-0.38	-0.35	0.25	0.21	0.35	0.24

lizados, hay mayor proporción de plantas estériles y de bajo rendimiento con respecto al año 2 y la distribución deja de asemejarse a una distribución normal en N70 y en el año 2 en N210. Este comportamiento está explicado seguramente en la baja tasa de crecimiento por planta alcanzada en el año 1, principalmente afectada por las deficiencias hídricas que actúan a través de reducciones en la cantidad de radiación que se intercepta y en la eficiencia con que esta es convertida en biomasa (Andrade & Sadras, 2000). En el año 2 donde la disponibilidad hídrica fue satisfactoria, la aplicación de N permitió a las plantas individuales con mayor disponibilidad de recursos (i.e. con mayor distancia media con su planta vecina) fijar un mayor rendimiento (Figs. 1 y 2).

El coeficiente de asimetría es una medida de la tendencia de la distribución de los valores de la variable a la falta de simetría (SAS, 1999). En el año 1 el tratamiento testigo presentó una asimetría positiva indicando que los valores ubicados a la derecha de la media están más dispersos que los ubicados a la izquierda, mientras que los valores negativos de asimetría en los otros tratamientos indican lo contrario. En el año 2 la aplicación de N no tuvo efecto sobre el coeficiente de asimetría.

El coeficiente de curtosis es una medida del peso que tienen los datos ubicados en la

cola de la distribución, esto implica que valores altos del coeficiente indican un mayor peso de las colas de la distribución (SAS, 1999). En los dos años de esta experiencia los coeficientes de curtosis fueron más bajos en las menores dosis de N aplicadas, indicando una distribución con un peso menor de las colas con una distribución menos aplanada que en los tratamientos fertilizados. Parte de la falta de normalidad en estos últimos podría atribuirse al incremento en este coeficiente debido a la alta frecuencia de plantas con rendimientos intermedios.

Se obtuvieron ecuaciones de regresión lineal para cada dosis de N tomando como variable dependiente el rendimiento por hectárea logrado por el promedio de cinco plantas corridas sobre la hilera y como variable independiente el desvío estándar del grupo. En el año 1 no se encontró una asociación entre el rendimiento por unidad de superficie y el desvío estándar de la distancia media entre plantas en el tratamiento testigo ( $p > 0.07$ ). En los tratamientos fertilizados el rendimiento por unidad de superficie se redujo ( $p < 0.001$ ) 171, 196 y 146 kg.ha<sup>-1</sup> por centímetro de aumento en el desvío estándar en los tratamientos N70, N140 y N210, respectivamente.

En el año 2 en todos los tratamientos los incrementos en el desvío estándar de la distancia media entre plantas redujeron los ren-

dimientos por unidad de superficie ( $p < 0.05$ ) pero con diferentes pendientes entre sí. La reducción fue mayor en los tratamientos que más N recibieron (233 y 235 kg.ha<sup>-1</sup> por centímetro de aumento en el desvío estándar en N140 y N210) poniendo de manifiesto que cuando existió menor disponibilidad de recursos (i.e. N0 y N70) la desuniformidad redujo en menor medida el rendimiento por unidad de área. En los tratamientos fertilizados la mayor pendiente de la regresión indicaría una menor capacidad del cultivo para compensar el aumento en la desuniformidad, lo podría atribuirse a un mayor efecto de competencia de las plantas dominantes sobre las dominadas. Este resultado parece conducir a no confirmar la hipótesis planteada, sin embargo para poder aclarar esta situación de manera contundente sería necesario más experimentación trabajando con la desuniformidad como efecto fijo para poder evaluar

las posibles interacciones con el N.

Cuando se evaluó la disminución de rendimiento como el porcentaje del rendimiento estimado para un desvío estándar igual a 0 (pendiente de la regresión sobre la ordenada al origen) se encontró que en los tratamientos fertilizados (N140 y N210) la disminución estuvo entre 1.7 y 2.3 %, lo que resulta muy similar a lo informado por Nielsen (1993) quien encuentra valores entre 0.7 y 3.1% con un promedio de 1.6%.

Los resultados obtenidos demostraron que el N afectó: 1) el patrón y magnitud del rendimiento por planta a través de cambios en la distribución de frecuencias y en las medidas de tendencia central y dispersión en ambos años (Cuadro 3, Figs. 1 y 2), reduciendo el coeficiente de variación sólo cuando las condiciones ambientales lo permitieron en el año 2; y 2) a la disminución en el rendimiento por unidad de área por aumento en el

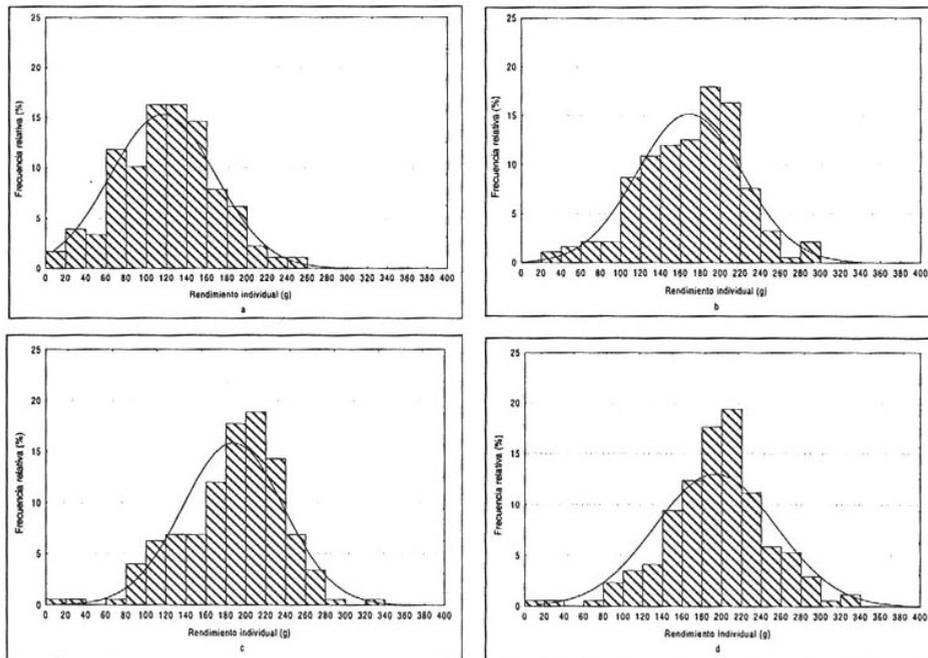


Fig. 2: Rendimiento individual por planta (g). Año 2. Barras: frecuencia relativa; línea: normalidad teórica. Tratamientos: a) N0; b) N70; c) N140 y d) N210.

**BIBLIOGRAFÍA**

- ANDRADE, F. H.; A. G. CIRILO; S. A. UHART & M. E. OTEGUI.** 1996. Eco-fisiología del cultivo de Maíz. Editorial La Barrosa. Dekalb Press y EEA INTA Balcarce.. 292 pp.
- ANDRADE, F. H. & V. O. SADRAS.** 2000. (Eds). Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Ed Medica Panamericana S.A.
- BARBIERI, P. A.; H. R. SAINZ ROZAS; F. H. ANDRADE & H. E. ECHEVERRIA.** 2000. Row spacing effects at different levels of nitrogen availability in maize. *Agronomy Journal*. 92: 283-288.
- CAVIGLIA, O. P. & V. O. SADRAS.** 2001. Effect of nitrogen supply on crop conductance, water- and radiation-use efficiency of wheat. *Field Crops Research* 69: 259-266
- CAVIGLIA, O. P. & O. F. PAPANOTTI.** 2001. Eficiencia de uso del agua afectada por la fertilización nitrogenada. VII Congreso Nacional de Maíz. Pergamino, 7-9 noviembre de 2001.
- CLAASSEN, M. M. & R.H. SHAW.** 1970. Water deficit effects on corn. II. Grain components. *Agronomy Journal*, 64:652-655.
- EDMEADES, G. O. & T. B. DAYNARD.** 1979. The development of plant-to-plant variability in maize at different planting densities. *Canadian Journal of Science*, 59:561-576.
- FISCHER, K. S. & F. E. PALMER.** 1984. Tropical maize. En: P. R. Goldsworthy & N. M. Fisher (eds.). *The Physiology of tropical field crops*. Wiley and Sons. pp. 213-248.
- FRUGONE, M.** 1994. Efecto del despanojado sobre la tolerancia de dos híbrido de maíz a la alta densidad poblacional. Tesis de Magister Scientiae. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. 67 pp.
- KIKUZAWA, K.** 1999. Theoretical relationships between mean plant size, size distribution and self thinning under one-sided competition. *Annals of Botany*, 83: 11-18.
- NAFZIGER, E. D.; P. R. CARTER & E.E. GRAHAM.** 1991. Response of corn to uneven emergence. *Crop Science*, 31: 811-815.
- NIELSEN, R. L.** 1993. Stand establishment variability in corn. AGRY-91-01. Agronomy Department. Purdue University. Indiana. 7 pp.
- PLAN MAPA DE SUELOS.** Convenio INTA-Gobierno de Entre Ríos. 1998. Carta de Suelos de la República Argentina. Departamento Paraná. Serie Relevamiento de Recursos Naturales N°17 Versión CD. EEA Paraná INTA.
- RITCHIE, S.W. & J. J. HANWAY.** 1982. How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames, Iowa. Special Report N° 48.
- SAS.** Institute Inc. 1999. SAS OnlineDoc®, Version 8, Cary, NC: SAS Institute Inc. 1999.
- SOLBRIG, O.T. & D. J. SOLBRIG.** 1985. Size inequalities and fitness in plant populations. *Topics in Evolutionary Biology*, 1:141-159.
- UHART, S. A.** 1995. Efecto de la disponibilidad de nitrógeno y carbono sobre la determinación del número de granos y del rendimiento en maíz. Tesis Ph.D. Univ. Nac. de Mar del Plata, Buenos Aires. 110 pp.
- UHART, S. A. & F. H. ANDRADE.** 1995. Nitrogen deficiency in maize. I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning and kernel set. *Crop Science*, 35: 1376-1383.
- VEGA, C. R. C.; V. O. SADRAS; F. H. ANDRA-DE; S. A. UHART & O. R. VALENTINUZ.** 2001. Seed number as a function of growth. A comparative study in