

CRECIMIENTO Y DINAMICA DE ACUMULACION DE NUTRIENTES EN MAIZ (*Zea mays* L.) EN VENEZUELA

Marcos L. Rengel*

Introducción

El manejo eficiente de cualquier cultivo se basa en el conocimiento adecuado de las diferentes etapas de crecimiento durante el ciclo de vida. Las características de estas etapas están determinadas por la constitución genética de la planta y por las condiciones climáticas y edáficas predominantes en el entorno. En el caso particular del manejo de la fertilización, es importante conocer como crece la planta y la dinámica de acumulación de los nutrientes esenciales en las diversas etapas del ciclo de vida del cultivo (Solórzano, 1999).

En los últimos años se han desarrollado en Venezuela y se han importado al país nuevos genotipos de maíz con mayor capacidad productiva. Estos nuevos materiales, por su mayor potencial productivo, tienen mayor exigencia nutricional. El manejo de la fertilización es importante para lograr que estos nuevos cultivares expresen el potencial de rendimiento. El conocimiento de la fenología y la dinámica de nutrientes en la planta es una excelente ayuda para ajustar el manejo de la nutrición.

El presente artículo discute los resultados de investigación que evaluó la relación entre el crecimiento de un híbrido de maíz de alto potencial y los patrones de acumulación de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn) y manganeso (Mn). Esta información permite el uso eficiente de los fertilizantes en la nutrición del cultivo del maíz.

Materiales y métodos

A fin de realizar las mediciones de crecimiento y acumulación de nutrientes esenciales en la planta, se realizó una evaluación en un campo sembrado con maíz (híbrido SK-198) en la Estación Experimental de INIA, ubicada en Agua Blanca, Estado Portuguesa, Venezuela. Dicha evaluación constó de 9 muestreos de la parte aérea de las plantas a lo largo del ciclo de cultivo, desde los 27 días después de la siembra (dds) en la fase vegetativa hasta el día 88, que coincide con el inicio de la etapa de grano dentado (Tabla 1).

En cada muestra se determinó el contenido de materia seca total para estimar el crecimiento de la planta y la concentración de nutrientes esenciales, para conocer sus patrones de acumulación. Dichas

Tabla 1.- Número y fechas de muestreo en maíz híbrido SK-198.

No. de Muestreo	Fecha	Edad cultivo (dds)*
1	06/07/2000	27
2	13/07/2000	34
3	20/07/2000	41
4	25/07/2000	46
5	01/08/2000	53
6	10/08/2000	62
7	14/08/2000	66
8	24/08/2000	76
9	05/09/2000	88

* dds = días después de la siembra.

determinaciones se hicieron por separado para hojas, tallos, panojas y mazorcas, para obtener información de la distribución de biomasa y nutrientes en los diversos órganos de la planta.

Resultados y discusión

Los resultados de la evaluación de crecimiento del maíz híbrido SK-198 se presentan en la **Tabla 2**. Se observa que el cultivar de maíz utilizado puede acumular casi 18 toneladas de materia seca por hectárea. Cerca del 53% corresponde a la producción de mazorcas, mientras que el restante 47% lo constituyen hojas, tallos y panojas.

En la **Figura 1** se presentan las curvas de crecimiento total y de los diferentes órganos del híbrido de maíz

Tabla 2. Acumulación de materia seca por plantas de maíz híbrido SK-198, a lo largo del ciclo. Agua Blanca, Portuguesa, Venezuela.

Edad (dds)*	Hojas	Tallos	Panojas	Mazorcas	Total	% Total
	---- Acumulación de materia seca (kg/ha) ----					
27	685	406			1 091	6
34	1 276	953			2 229	12
41	2 017	1 909			3 926	22
46	2 096	2 456	370		4 922	28
53	2 875	3 624	590	665	7 754	43
62	2 656	3 723	290	2 073	8 742	49
66	2 675	4 058	329	3 240	10 302	58
76	2 452	4 129	302	5 854	12 737	71
88	3 267	4 971	198	9 440	17 876	100

* dds = días después de la siembra.

* Departamento de Fertilizantes, AGROISLEÑA, C.A., Caracas, Venezuela. Correo electrónico: prsolozano@agroisleña.com

SK-198. Los datos muestran que 70 dds, la mazorca es el órgano con mayor crecimiento y desarrollo, indicando que desde este punto se empieza a acumular el rendimiento de grano.

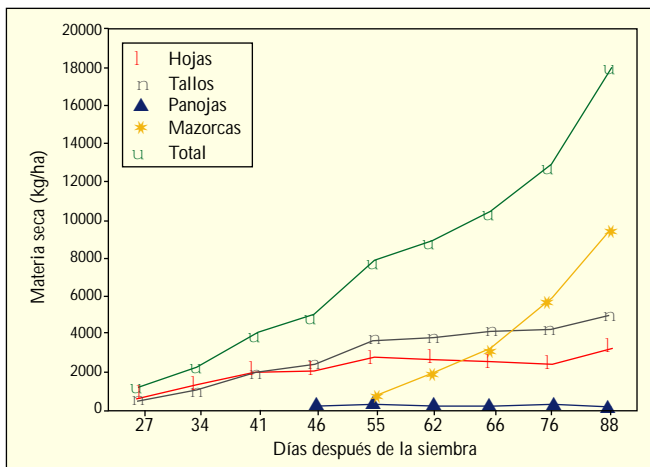


Figura 1.- Curva de acumulación de materia seca en los diferentes órganos del híbrido de maíz SK-198. Agua Blanca, Portuguesa, Venezuela.

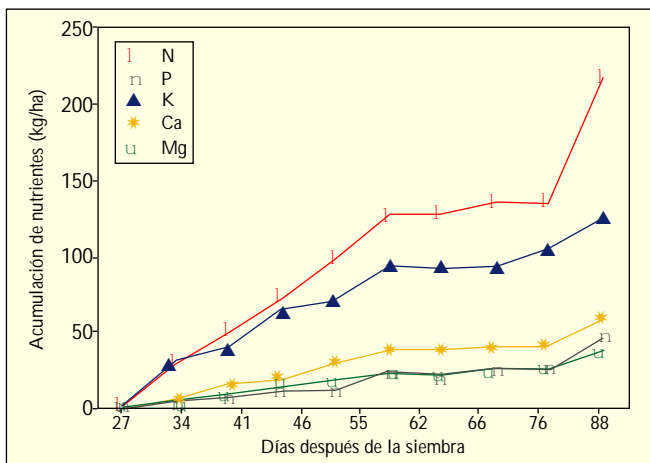


Figura 2.- Acumulación de N, P, K, Ca y Mg en el híbrido de maíz SK-198 durante el ciclo de cultivo. Agua Blanca, Portuguesa, Venezuela.

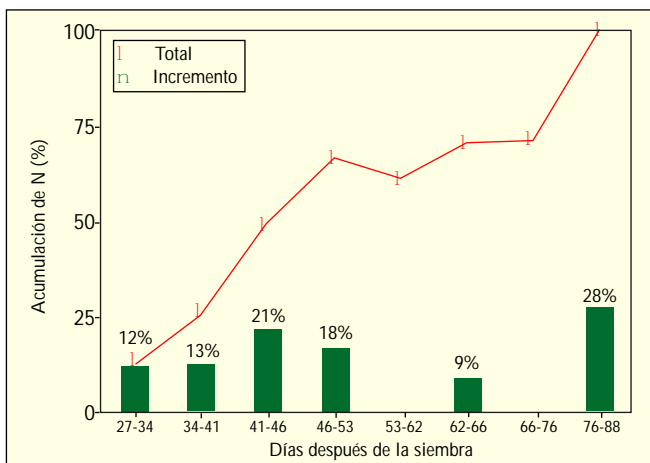


Figura 3.- Acumulación total de N y porcentajes de incremento en el híbrido de maíz SK-198 durante el ciclo de cultivo. Agua Blanca, Portuguesa, Venezuela.

En las **Figuras 2, 3, 4, 5, 6 y 7** se presentan las curvas de acumulación de N, P, K, Ca y Mg del híbrido de maíz SK-198. Se observa que para este híbrido el elemento acumulado en mayor cantidad es N (215.6 kg/ha), seguido de K (122.6 kg/ha), Ca (58.4 kg/ha), P (45.8 kg/ha) y Mg (37.7 kg/ha). En la **Tabla 3** se presenta la acumulación diaria de los mismos nutrientes.

En la **Figura 3** y en la **Tabla 3** se observa la dinámica de la absorción de N en el híbrido de maíz SK-198. Se evidencian dos períodos críticos de absorción de N, el primero de los 41 a 46 dds que corresponde al inicio de la diferenciación floral y que acumula 5.20 kg de N/ha/día y el segundo periodo de los 76 a 88 dds que coincide con el llenado de granos y que registra una acumulación de 6.82 kg de N/ha/día.

El N se acumula progresivamente y en apreciables cantidades en la fase vegetativa, desde el día 27 al 46 después de la siembra. La época de floración ocurre durante el periodo comprendido entre los 53 y 66 dds, durante esta etapa prácticamente no existe acumulación de N. Finalmente se produce una alta demanda en el periodo comprendido entre los 76 y 88 dds. Estos patrones de acumulación permiten diseñar las estrategias de fraccionamiento del N durante el ciclo del cultivo. De los datos presentados se observa también que híbridos de maíz con alto potencial de rendimiento pueden responder a aplicaciones tardías de N, incluso hasta el inicio de la diferenciación floral, como lo demuestran los datos de acumulación de N en este estudio.

En la **Figura 4** y en la **Tabla 3** se observa la dinámica de la absorción de P en el híbrido de maíz SK-198. El P registra tasas de acumulación bajas y casi constantes a inicios del ciclo (0.5 kg/ha/día), para luego casi duplicar las cantidades acumuladas durante las etapas de diferenciación floral y el llenado de grano. Conociendo que el P tiene movilidad limitada en el suelo, este nutriente se debe incorporar antes o al momento de la siembra para asegurar su disponibilidad

Tabla 3.- Acumulación diaria de N, P, K, Ca y Mg en el híbrido de maíz SK-198 durante el ciclo del cultivo. Agua Blanca, Portuguesa, Venezuela.

Periodo (dds)	Tasas de acumul. de macronutrientes (kg/ha/día)				
	N	P	K	Ca	Mg
27-34	2.97	0.58	0.98	1.44	0.63
34-41	3.14	0.58	3.42	0.27	0.54
41-46	5.20	0.52	1.08	1.62	0.98
46-53	4.34	1.20	3.45	1.80	0.70
53-66	2.25	1.12		0.48	1.40
66-76	0.39		1.27	0.03	0.01
76-88	6.82	1.39	1.59	1.56	1.07

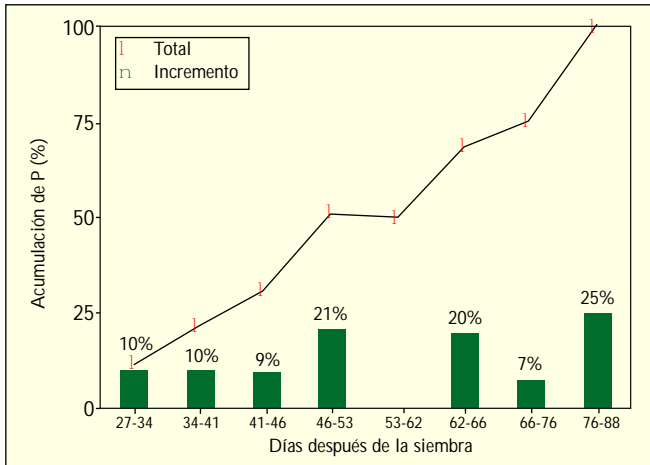


Figura 4.- Acumulación total de P y porcentajes de incremento en el híbrido de maíz SK-198 durante el ciclo del cultivo. Agua Blanca, Portuguesa, Venezuela.

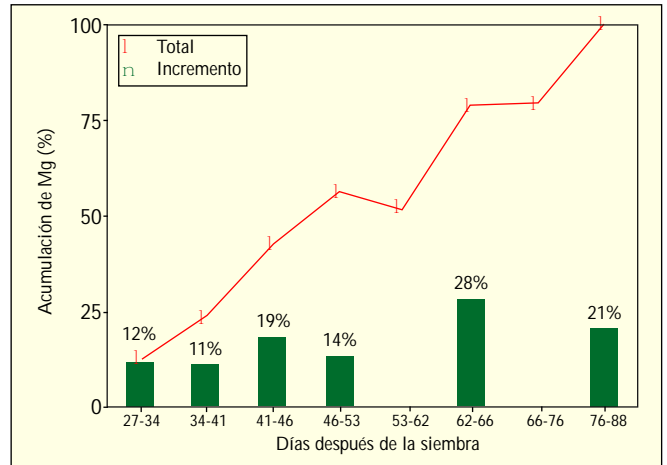


Figura 7.- Acumulación total de Mg y porcentajes de incremento en el híbrido de maíz SK-198 durante el ciclo de cultivo. Agua Blanca, Portuguesa, Venezuela.

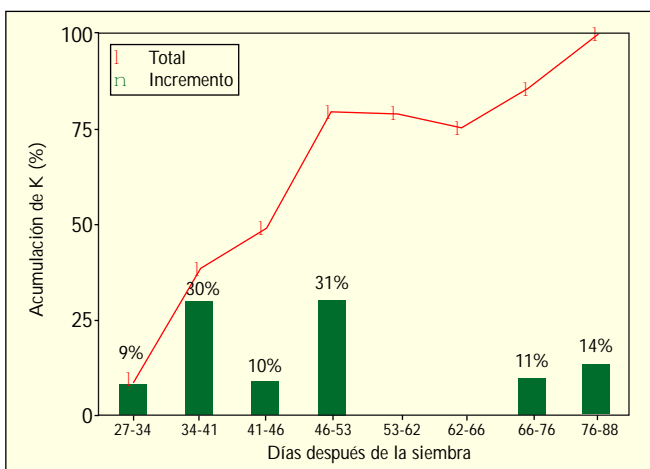


Figura 5.- Acumulación total de K y porcentajes de incremento en el híbrido de maíz SK-198 durante el ciclo del cultivo. Agua Blanca, Portuguesa, Venezuela.

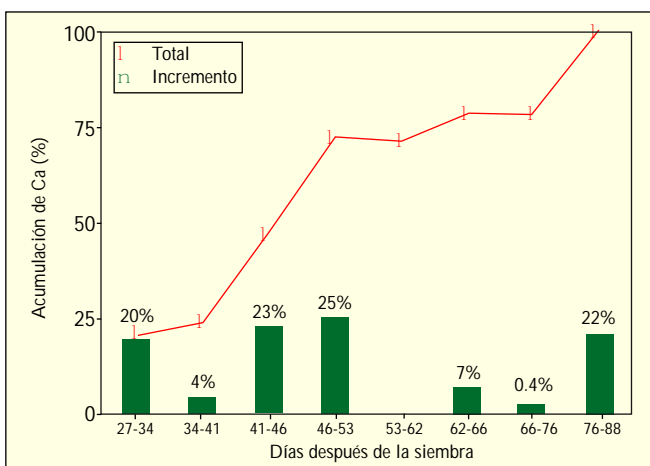


Figura 6.- Acumulación total de Ca y porcentajes de incremento en el híbrido de maíz SK-198 durante el ciclo de cultivo. Agua Blanca, Portuguesa, Venezuela.

durante el ciclo del cultivo. Se han reportado incrementos en el rendimiento de maíz cuando se localiza el P en bandas profundas en el perfil del suelo

(Fontanetto y Darwich, 1995).

En la **Figura 5** y en la **Tabla 3** se observa la dinámica de la absorción de K en el híbrido de maíz SK-198. Las mayores tasas de acumulación de K ocurren durante la fase vegetativa hasta el inicio de la floración con cerca de 3.5 kg/ha/día, luego disminuye drásticamente para después repuntar durante el periodo de desarrollo de granos (1.27 y 1.59 kg/ha/día). En esta etapa es particularmente importante la presencia de K por su papel en la formación del rendimiento al promover el transporte de los productos de la fotosíntesis de las hojas a las mazorcas, acumulando de esta forma el rendimiento. Sin embargo, los fertilizantes potásicos deben aplicarse al momento de la siembra ya que los iones K^+ son retenidos por el suelo y de este modo permanecen disponibles y protegidos del lavado. Se recomiendan aplicaciones fraccionadas en suelos arenosos donde pueden esperarse grandes pérdidas por lixiviación. Este fraccionamiento se realiza conjuntamente con el N (IFA., 1992).

En la **Figura 6** y en la **Tabla 3** se observa la dinámica de la absorción de Ca en el híbrido de maíz SK-198. El Ca se acumula paulatinamente en la fase vegetativa hasta registrar un máximo de 1.8 kg/ha/día al inicio de la diferenciación floral, que coincide con el período 46 a 53 dds. Al igual que los otros nutrientes, el Ca no se acumula durante la etapa de plena floración, pero su absorción alcanza un marcado incremento (1.56 kg/ha/día) a partir del llenado de granos. Esta considerable acumulación de Ca puede obedecer a un alto requerimiento de este elemento durante el proceso de división celular en las etapas señaladas.

En la **Figura 7** y en la **Tabla 3** se observa la dinámica de la absorción de Mg en el híbrido de maíz SK-198. La acumulación de Mg ocurre de forma similar a la del Ca, pero con tasas de acumulación menores. Las tasas

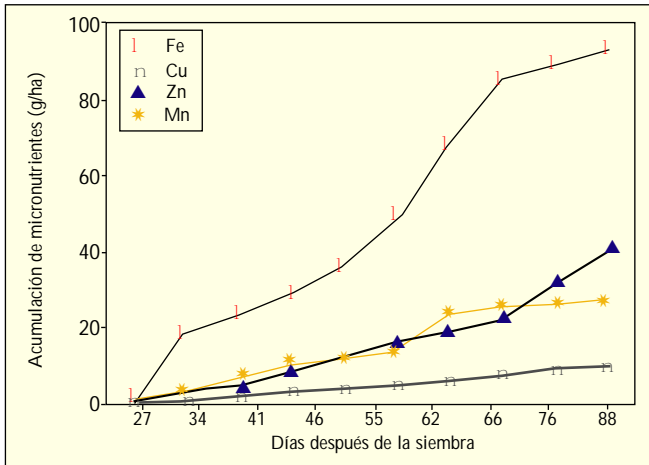


Figura 8.- Acumulación de micronutrientes en el híbrido de maíz SK-198 durante el ciclo de cultivo. Agua Blanca, Portuguesa, Venezuela.

más altas se observan durante los periodos de 62 a 66 y 76 a 88 dds con 1.4 y 1.07 kg/ha/día, respectivamente.

En la **Figura 8** se presentan las curvas de acumulación de micronutrientes. Se observa que el micronutriente más acumulado es el Fe con 1.098 g/ha, seguido por el Zn con 483 g/ha, el Mn con 330 g/ha y por último el Cu con sólo 102 g/ha durante el ciclo del cultivo.

El periodo de mayor absorción de Fe está comprendido entre los 46 y 66 dds. La acumulación de Zn es progresiva a lo largo del ciclo, sin embargo, a partir del día 46 se incrementa apreciablemente la absorción, con un repunte cerca de los 66 días. En el caso del Mn el periodo crítico de absorción se encuentra entre los 53 y 62 dds. La acumulación de Cu es más o menos constante a través de todo el ciclo.

Conclusiones

- ✓ Los patrones de acumulación de materia seca y nutrientes esenciales indican que el híbrido de maíz SK-198 requiere de un adecuado suministro de nutrientes desde las primeras etapas de crecimiento. Por esta razón, los programas de fertilización deben garantizar la buena disponibilidad de estos elementos desde el inicio del ciclo del cultivo.
- ✓ Se observan dos periodos críticos de absorción muy bien definidos en el híbrido de maíz SK-198 que coinciden con la fase vegetativa y el llenado de granos. Es necesario asegurar un alto suplemento de nutrientes durante estos periodos.
- ✓ Los requerimientos internos de N, P, K, Ca y Mg del híbrido de maíz SK-198 son 216, 46, 123, 58 y 38 kg/ha, respectivamente y los de Fe, Cu, Zn y Mn son 1.098, 102, 483 y 330 g/ha, respectivamente.
- ✓ El fraccionamiento de N en maíces híbridos es una herramienta de manejo que permite una alta

eficiencia de los fertilizantes nitrogenados. En estos híbridos de alto rendimiento se justifican aplicaciones de la última fracción de N en periodos cercanos a la floración, basándose en los patrones de absorción de este nutriente por la planta.

- ✓ Los requerimientos totales de P, K y Mg deben suministrarse al momento de la siembra. Los suelos de textura media y pesada retienen el K y Mg. Estos nutrientes pueden ser absorbidos por la planta en los periodos de mayor demanda durante el ciclo de cultivo. El P es inmóvil en el suelo y por esta razón también debe ser aplicado a la siembra. En suelos de textura arenosa se recomienda fraccionar también el K y Mg.
- ✓ Los micronutrientes, en especial el Zn, se deben suministrar durante la fase vegetativa del cultivo, en el periodo de 30 a 46 dds. La aspersión foliar es un método eficiente de aplicación de micronutrientes.

Bibliografía

- Fontanetto, H. and N. Darwich. 1995. Effects of phosphorus placement for corn with and without irrigation. *Better Crops* 79 (2): 26-27. En: *Informaciones Agronómicas* N° 21. INPOFOS.
- IFA. 1992. *World Fertilizer Use Manual*. International Fertilizer Industry Association, Paris.
- Mariga, I. K., M. Jonga, and O. A. Chivinge. 2000. The effect of timing of application of basal and topdressing fertilizers on maize (*Zea mays* L.) yield at two rates of basal fertilizer. *Crop Research Hisar*, 20: 3, 372-380.
- Solórzano, P. R. 1999. Crecimiento de la planta de arroz y acumulación de N-P-K a lo largo de su ciclo de vida, en Calabozo-Guárico, Venezuela. Trabajo presentado en el XV Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo, 30 de noviembre al 4 de diciembre de 1999. Barquisimeto-Lara, Venezuela.
- Vasconcellos, C. A., J. V. A. Barbosa, H. L. Santos, and G. E. Franca. 1983. Dry matter and nutrient accumulation by two maize cultivars with and without supplemental irrigation. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 18 (8): 887-901. ♦

