

## DETERMINACION DEL INDICE DE VERDOR DE DIFERENTES HIBRIDOS DE MAIZ

Juan Pablo García<sup>1</sup> y José Espinosa<sup>2</sup>

### RESUMEN

El nitrógeno (N) es el nutriente que más limita la producción del cultivo del maíz en Colombia. El objetivo de esta investigación fue de conocer los índices de verdor de diferentes híbridos a diferentes etapas fisiológicas de la planta para evaluar su uso como herramienta de apoyo para mejorar la eficiencia de uso del N en maíz. Los ensayos se establecieron en diferentes municipios de Colombia. El diseño estadístico utilizado fue de parcelas sub-sub divididas organizadas en bloques completamente al azar con tres repeticiones. El tratamiento principal fue la densidad de plantas, 55000 y 65000 plantas ha<sup>-1</sup>, el sub tratamiento fueron los materiales genéticos (FNC 3056, FNC 514, FNC 114, DK 777, DK 234, SV 1127, P3 0F83, DK 1040, DK 003, P30F80) y el sub-sub tratamiento fueron cuatro niveles de N: 0, 75, 150 y 200 kg ha<sup>-1</sup>. Lecturas de índice de verdor se hicieron utilizando el medidor de clorofila SPAD-502 (MCF) y la tabla de comparación de colores (TCC) desarrollada por el IRRI. En todas las localidades las lecturas realizadas con el MCF y la TCC presentaron correlaciones lineales altas. En todas las localidades el N incremento significativamente la producción. La eficiencia agronómica de N disminuyo significativamente cuando se incrementó la dosis de N.

### JUSTIFICACION

El N es el elemento nutritivo que más limita la producción del cultivo del maíz. En Colombia existen reportes de que la respuesta a la aplicación de N puede alcanzar hasta 7 t ha<sup>-1</sup> de grano. A pesar de que el maíz requiere cantidades altas de N, este nutriente es el que más fácilmente se pierde del agroecosistema debido a su cambiante dinámica en el suelo. Por esta razón, un programa de manejo eficiente de N permite obtener incrementos significativos en la producción (Espinosa and García, 2008). Sin embargo, es común observar síntomas marcados de deficiencias de N en lotes comerciales de maíz jóvenes que presentan plantas de color verde amarillento de poco crecimiento. En plantas adultas, la deficiencia de N se presenta en las hojas maduras que pierden su color natural desde la punta hacia el limbo formando una "V" invertida de color amarillento, mientras que los márgenes de las hojas mantienen su color verde. A medida que la deficiencia se hace más severa se produce el secamiento de todas las hojas adultas afectando seriamente la producción final de grano.

Un paso fundamental de un programa de manejo eficiente de N es el reconocer, durante el ciclo de crecimiento, si el cultivo presenta exceso o déficit de este nutriente. El número de hileras por mazorca y el número de granos por hilera (que determinan la formación del número total de granos por mazorca) se definen durante las etapas vegetativas comprendidas entre V6 y V12 (Ritchie and Hanway, 1982). La decisión del número de hileras por mazorca y número granos por hilera que asuma el cerebro fisiológico de la planta depende del nivel nutricional, particularmente con N, que se presente durante este periodo. El índice de verdor de las plantas depende en alta medida de la combinación entre el componente genético y el nivel de N absorbido. El objetivo del presente estudio fue determinar, en diferentes materiales genéticos, el índice de verdor para los estados fisiológicos comprendidos entre V6 y VT usando el medidor de clorofila SPAD-502 (MCF) y la tabla de comparación de colores desarrollada por el IRRI (TCC) (Witt et al., 2005) para evaluarlas como herramientas para manejo eficiente de N.

<sup>1</sup> Director del programa de manejo de suelos y nutrición FENALCE, Colombia.

Correo electrónico: [jgarcia@fenalce.org](mailto:jgarcia@fenalce.org)

<sup>2</sup> Director del International Plant Nutrition Institute. IPNI. Oficina para el Norte de Latinoamérica.

Correo electrónico: [jespinosa@ipni.net](mailto:jespinosa@ipni.net)

## MATERIALES Y METODOS

Los ensayos se establecieron en los municipios de Montenegro, Concordia, Obando, Bugalagrande, Bolívar, San Juan, Espinal, Ibagué, Sabana de Torres y Buga en Colombia. El diseño estadístico utilizado fue de parcelas sub-sub divididas organizadas en bloques completamente al azar con tres repeticiones. El tratamiento principal fue la densidad de plantas, 55000 y 65000 plantas ha<sup>-1</sup>, el sub tratamiento fueron los materiales genéticos (FNC3056, FNC514, FNC 114, DK777, DK234, SV1127, P30F83, DK1040, DK003, P30F80) y el sub-sub tratamiento fueron cuatro niveles de N: 0, 75, 150 y 200 kg ha<sup>-1</sup>. En Obando se sembraron los híbridos FNC 114, DK 1040, DK 003 y P30F80, en Buga los híbridos FNC 3056, FNC 514, DK 777, DK 234, P30F83, DK 1040, DK 003 y P30F80, en Bugalagrande los híbridos FNC 3056, FNC 514, DK 777, DK 234, SV 1127 y P30F83, en Bolívar los híbridos FNC 3056, FNC 514, FNC 114, DK 777, DK 234, SV 1127, P30F83, DK 1040, DK 003 y P30F80, en Montenegro los híbridos FNC 3056, FNC 514, DK 777, DK 234, SV 1127 y P30F83, en Concordia, Ibagué, San Juan y Espinal los híbridos FNC 3056, FNC 514, DK 777, DK 234, SV 1127, P30F83, DK 1040 y DK 003 y en Sabana de Torres los híbridos DK 003, DK 1040, DK 234, DK 777, FNC 3056, P30F80 y SV 1127.

Se tomaron lecturas del índice de verdor desde el estado de crecimiento V6 hasta VT, en la hoja más joven completamente expandida, utilizando el MCF y la TCC. Para las lecturas realizadas con la TCC se tabularon valores comprendidos entre 2 y 5 con los decimales 0.25, 0.5 y 0.75. Se eliminaron las lecturas del MCF que reportaron valores superiores a 60 unidades SPAD. En cada sub-sub parcela se tomaron cinco lecturas del MCF y la TCC.

Todas las parcelas recibieron una fertilización básica consistente en 100, 90, 50 y 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MgO y S, respectivamente. Las fuentes de potasio (K) fueron cloruro de potasio y sulpomag, las fuentes de fósforo (P) fueron superfosfato triple (para las parcelas de nivel 0 de N) y fosfato diamónico y la fuente de azufre (S) y magnesio (Mg) fue sulpomag. La fertilización básica se aplicó a la siembra en forma de banda incorporada.

El área de cosecha de cada sub-sub parcela fue de 4.8 m<sup>2</sup> (dos surcos centrales de 3 m de largo). La producción final fue corregida al 15.5% de humedad y se calificó el porcentaje de desgrane en cada sub-sub parcela. Se evaluó la eficiencia agronómica de N (EAN) (kg de grano producidos por kg de N aplicado) tomando como base el rendimiento obtenido en las sub-sub parcelas de 0N que indican el rendimiento obtenido con el suplemento de N nativo y comparándola con la sub-sub parcela de mayor producción. El análisis estadístico se condujo utilizando PROC MIXED SAS.

## RESULTADOS

El análisis de varianza de los resultados experimentales de las diferentes localidades se presenta en la Tabla 1. La producción de grano se incrementó significativamente, en todas las localidades, con el incremento de las dosis de N. La Tabla 2 muestra las producciones de grano por híbrido y por dosis de N. El efecto simple del híbrido fue significativo en todas las localidades excepto en Obando. Los híbridos DK 003 en Buga y San Juan, P30F83 en Montenegro e Ibagué, SV 1127 en Bugalagrande y Concordia, DK 1040 en Bolívar, FNC 514 en Espinal y DK 234 en Sabana de Torres obtuvieron producciones significativamente superiores a los restantes híbridos por localidad. Los incrementos en densidad de plantas aumentaron significativamente la producción en San Juan, mientras en Ibagué la redujeron significativamente.

La dosis de N afectaron significativamente la EAN (Figura 1) en todas las localidades excepto en Montenegro y Concordia. Los incrementos en la dosis de N redujeron los valores de EAN. En Obando se presentaron las mayores eficiencias por cada dosis de N, indicando que en este sitio existe un bajo suplemento de N nativo del suelo y en consecuencia una alta respuesta a la aplicación de este nutriente. Al contrario, en Espinal se obtuvieron los valores de EAN más bajos, valores que no

superaron los 11 kg de grano por kg de N aplicado en ninguna de las dosis de N probadas. En todas las localidades, la respuesta en grano se vio afectada significativamente por la dosis de N, obteniéndose respuestas de hasta 7 t ha<sup>-1</sup> en Obando con la dosis de 200 kg de N ha<sup>-1</sup>.

En Sabana de Torres, Espinal e Ibagué, los híbridos DK 234, FNC 514 y FNC 3056 presentaron valores de EAN de 34, 21 y 31 kg de grano por kg de N aplicado, respectivamente, siendo significativamente superiores a los restantes híbridos. En San Juan, el híbrido DK 777 presentó valores de EAN de 6 kg de grano por kg de N aplicado, siendo significativamente inferior a los restantes híbridos.

**Tabla 1.** Análisis de varianza por localidad (SAS Proc mixed).

	Producción (t ha <sup>-1</sup> )						EAN <sup>1</sup> (kg de grano kg <sup>-1</sup> N aplicado)						Respuesta (t ha <sup>-1</sup> )										
	D <sup>2</sup>	H <sup>3</sup>	N <sup>4</sup>	D*H	D*N	N*H	D*H*N	D	H	N	D*H	D*N	N*H	D*H*N	D	H	N	D*H	D*N	N*H	D*H*N		
Buga			**	**						**										**			
Bugalagrande			**	**						**										**			
Bolivar			**	**						**			**							**		**	
Obando				**						**										**			
Montenegro			**	**																**			
Concordia		*	**		*	**												**	**	**	**	*	
Sabana de Torres		**	**	**		**		**	**	**	*				**	**	**	**	**	**	**	**	**
Ibague	*	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Espinal		**	**	**		**		**			**			**	**			**	**	**		**	
San Juan	*	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

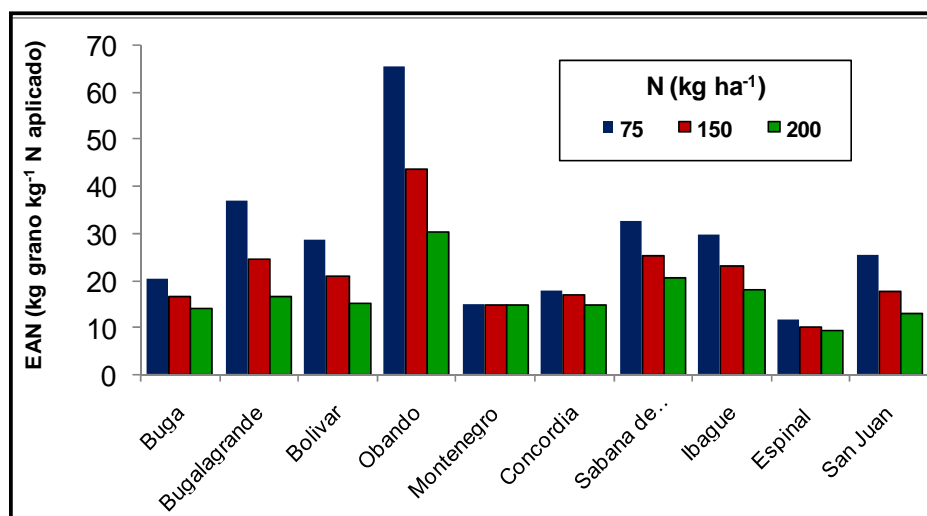
<sup>1</sup> EAN, Eficiencia Agronómica de Nitrógeno (kg de grano por kg de N aplicado) <sup>4</sup> Nitrógeno

<sup>2</sup> Densidad

\* Significancia al 5%

<sup>3</sup> Híbrido

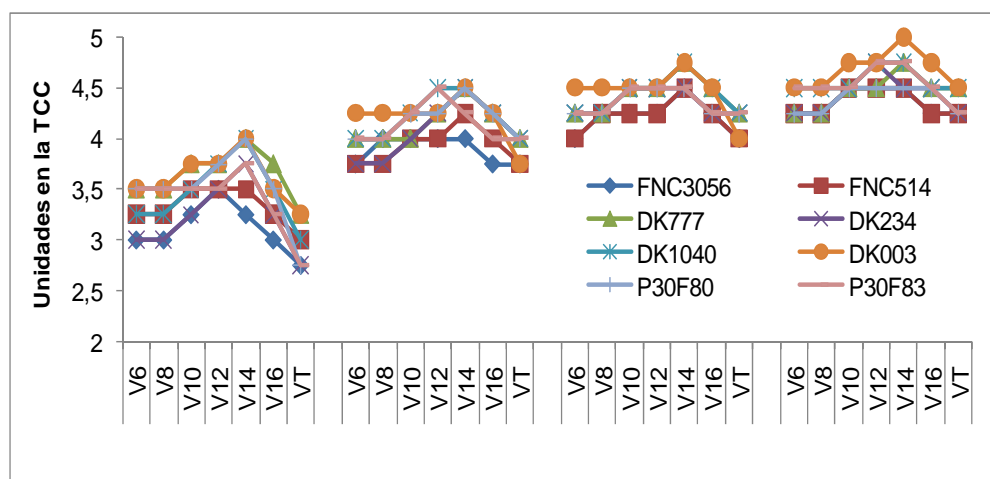
\*\* Significancia al 1%



**Figura 1.** Efecto de la dosis en la eficiencia Agronómica de N en diferentes localidades (promedio de los híbridos utilizados en cada localidad).

Los valores de índice de verdor expresados en unidades del MCF y de la TCC para la localidad de Buga se presentan en la Tabla 3 y las curvas de índice de verdor medidas con la TCC se presentan en la Figura 2. La tendencia de las curvas para cada una de las medidas de índice de verdor fue similar, alcanzando los valores máximos entre las etapas vegetativas comprendidas entre V12 y V14 y mínimas entre VT y V6. Sin embargo, la magnitud de los valores fue diferente para cada material genético.

El material genético y el N afectaron significativamente las lecturas con el MCF y la TCC en todas las localidades y en todas las etapas vegetativas. Incrementos en las dosis de N aumentaron los valores de las lecturas con el MCF y la TCC, sin embargo, la magnitud en los incrementos fue mayor cuando se aplicaron dosis de 75 y 150 kg de N ha<sup>-1</sup>. Los incrementos obtenidos cuando se paso de 150 a 200 kg de N ha<sup>-1</sup> fueron mínimos. Adicionalmente, los híbridos FNC 3056 y FNC 514 presentaron los valores más bajos en las lecturas con el MCF y la TCC cuando no se aplicó N y el híbrido DK 777 fue el que presentó los mayores valores en ausencia de N. Con las dosis altas de N, los híbridos DK 777 y DK 003 presentaron los valores más altos en unidades del MCF y de la TCC y los híbridos FNC 3056 y FNC 514 los más bajos.



**Figura 2.** Efecto del material genético y de la dosis de N en la variación de unidades de lectura de la TCC en diferentes estados fisiológicos del maíz. Buga, Colombia, 2007.

En general, la correlación entre los valores de las lecturas con el MCF y la TCC es alta como se observa en la Figura 3, indicando que la TCC (Figura 4) es una herramienta valida en el diagnóstico del índice de verdor del cultivo del maíz. Las lecturas del índice de verdor pueden entonces utilizarse como herramienta de apoyo para ajustar las aplicaciones fraccionadas de N durante el periodo de mayor sensibilidad al estrés por falta de N que se ubica entre los estados fenológicos de V6 y V12. Datos de estudios de fraccionamiento de N conducidos en Colombia han demostrado que se logra mayor eficiencia de uso de N aplicando 20% del N a la siembra, 40% a V6 y 40% a V10. Usando la TCC de colores se puede ajustar la cantidad de N a aplicarse, si la lectura a V6 es > 4 se debe aplicar la cantidad de N definida y que corresponda al 40% del total de N, lo mismo sucede a V10 si la lectura de la TCC es > 3.5. Si las lecturas con la TCC son < 4.0 a V6 y < 3.5 a V10 es aconsejable aplicar un 10% más de la cantidad de N requerida para esa aplicación.

**Tabla 2.** Efecto de la dosis de N en la producción de algunos híbridos comerciales sembrados en diferentes regiones de Colombia.

Híbrido	N (kg ha <sup>-1</sup> )	Producción (t ha <sup>-1</sup> )									
		Buga	B/grande	Bolívar	Obando	Montenegro	Concordia	Sabana de Torres	Ibague	Espinal	San Juan
FNC 3056	0	6,21	4,42	4,98		5,17	6,07	1,88	2,24	3,96	5,39
	75	7,99	7,59	7,21		6,56	7,59	4,43	5,38	4,67	7,75
	150	8,2	7,74	8,09		8,67	8,44	5,28	6,82	5,15	8,24
	200	9,68	8,3	9,37		10,75	9,19	6,81	7,5	7,37	8,74
FNC 514	0	5,49	4,25			5,9	5,91		1,56	4,31	5,2
	75	7,33	7,06			6,69	7,5		4,4	6,05	7,05
	150	9,17	9,17			7,9	9,91		5,64	7,9	7,35
	200	10,12	8,85			9,66	10,27		6,87	8,31	7,88
FNC 114	0				1,76						
	75				5,59						
	150				7,67						
	200				8,23						
DK 777	0	6,07	4,24			3,91	7,7	2,05	2,58	4,28	5,24
	75	7,67	6,35			4,82	8,84	4,77	3,82	4,54	5,25
	150	8,05	7,69			5,54	10,05	6,36	4,46	5,78	6,84
	200	9	8,2			6,44	11,91	7,66	5,37	6,83	7,07
DK 234	0	6,29	4,97			4,39	6,69	2,31	1,67	5,18	4,93
	75	7,58	6,89			5,42	7,25	5,32	4,18	5,67	6,33
	150	8,36	7,46			6,48	9,27	6,91	6,15	6,3	7,16
	200	10,13	9,2			7,52	9,21	9,66	7,11	6,79	8,62
DK 1040	0	8,31		6,57	0,7		6,74	1,33	2,16	4,85	5,1
	75	9,35		7,68	5,71		7,61	3,7	4,96	5,5	7,28
	150	10,23		9,92	7,58		9,52	4,95	5,67	5,81	8,16
	200	11,39		10,92	9,83		10,35	5,96	6,49	6,3	9
DK 003	0	8,1		6,43	1		7,23	1,88	2,38	3,85	5,3
	75	9,9		8,65	6,34		8,93	3,26	4,03	4,43	8
	150	10,56		9,2	8,08		9,03	4,85	5,88	4,96	8,41
	200	10,92		9,48	8,71		11,24	5,23	7,23	5,46	9
P 30F80	0	6,29		4,65	1,35		3,05	2,87	4,15	5,51	
	75	8,13		7,69	6,71		4,89	4,18	5,09	7,56	
	150	9,59		7,97	7,74		6,61	4,52	6,32	7,84	
	200	10		8,11	8,38		8,22	6,04	7,25	8,31	
P 30F83	0	6,49	5,19			6,83	7,69		2,9	4,64	4,69
	75	7,54	8,36			8,14	9,43		5,21	5,02	7,29
	150	8,9	9,5			8,91	10,05		7,16	5,24	8,58
	200	10,07	9,26			10,3	9,81		8,14	5,54	9,05
SV 1127	0		5,38			5,19	7,36	1,83			
	75		8,67			6,48	8,81	4,94			
	150		9,06			7,1	10,69	5,81			
	200		9,72			8,83	12,91	7,08			

**Tabla 3.** Efecto del material genético y la dosis de N en los valores de las lecturas con la TCC y el MCF en diferentes estados fisiológicos del maíz. Buga, Colombia, 2007.

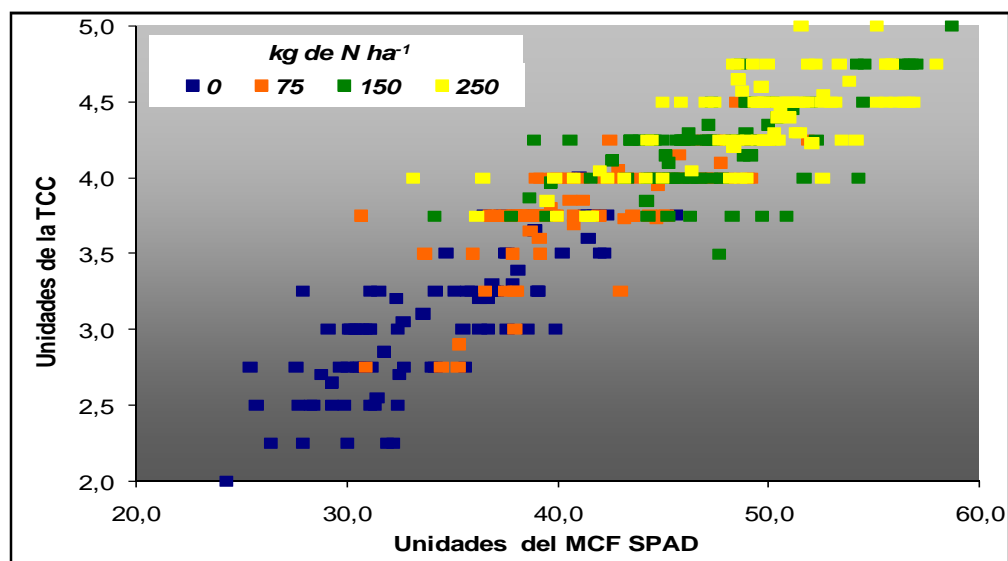
Híbrido	N (kg ha <sup>-1</sup> )	Unidades LCC							Unidades Spad						
		V6	V8	V10	V12	V14	V16	VT	V6	V8	V10	V12	V14	V16	VT
FNC 3056	0	3	3	3,25	3,5	3,25	3	2,75	36,2	36,8	37,7	38,2	37,6	35,2	33,6
	75	3,75	4	4	4	4	3,75	3,75	43	44,2	45,6	46,6	46,9	45,2	44,7
	150	4	4,25	4,25	4,25	4,5	4,25	4	48,4	48,9	49	48,6	53,1	50,2	48,7
	200	4,25	4,25	4,5	4,5	4,5	4,25	4,25	49,1	48,9	48,9	50,7	52,8	51,9	49,7
FNC 514	0	3,25	3,25	3,5	3,5	3,5	3,25	3	36,6	37,2	37,8	39,3	36,5	32,7	31,9
	75	3,75	3,75	4	4	4,25	4	3,75	42,8	43,5	44,7	47	48,4	47,2	46,1
	150	4	4,25	4,25	4,25	4,5	4,25	4	47,2	47,5	47,8	49,7	51,7	51,4	49,8
	200	4,25	4,25	4,5	4,5	4,5	4,25	4,25	48,9	49,2	50,6	49,7	52,7	51	50,9
DK 777	0	3,5	3,5	3,75	3,75	4	3,75	3,25	39,5	39,8	40,2	42,4	46	44,2	41,1
	75	4	4	4	4,25	4,5	4,25	4	45,3	46,7	47	51,2	53,6	52,8	51,4
	150	4,25	4,25	4,5	4,5	4,75	4,5	4,25	49,9	50,6	51	52,2	54,9	53,2	52,7
	200	4,25	4,25	4,5	4,5	4,75	4,5	4,5	51,2	51,9	52,8	52,8	55,9	54,9	53,8
DK 234	0	3	3	3,25	3,5	3,75	3,25	2,75	35,3	36,7	38,8	38,9	39,6	38,7	34,2
	75	3,75	3,75	4	4,25	4,5	4,25	4	42,1	44,2	45,3	47,9	50,7	48,7	47,1
	150	4,25	4,25	4,5	4,5	4,5	4,25	4,25	47,4	49,7	51,2	51,2	53,1	51,7	50,9
	200	4,25	4,25	4,5	4,5	4,75	4,5	4,25	50,3	51	52,8	53,5	53,7	52,1	51
DK 1040	0	3,25	3,25	3,5	3,75	4	3,5	3	38,7	39,1	40,6	43	42,6	41,4	41
	75	4	4	4,25	4,5	4,5	4,25	4	45	45,5	46,8	51,8	54	52,7	51,9
	150	4,25	4,25	4,5	4,5	4,75	4,5	4,25	49,5	48,3	49	54,4	55,4	53,7	52,7
	200	4,5	4,5	4,5	4,75	4,75	4,5	4,5	51,9	51,4	51,8	54,5	55	54,2	53,2
DK 003	0	3,5	3,5	3,75	3,75	4	3,5	3,25	37,6	38,5	39,6	42	42,4	40	38,7
	75	4,25	4,25	4,25	4,25	4,5	4,25	3,75	47,6	49,3	51,8	52,8	53,5	52,1	50,9
	150	4,5	4,5	4,5	4,5	4,75	4,5	4	52,5	53	53,8	55,2	57	56,4	53,2
	200	4,5	4,5	4,75	4,75	5	4,75	4,5	54,1	55,1	56	58,1	57	55,2	54,1
P 30F80	0	3,5	3,5	3,5	3,75	4	3,5	2,75	37,5	37,8	38	40,3	41,5	38,4	36,8
	75	4	4	4,25	4,25	4,5	4,25	4	45,4	46,1	46,9	50,7	52,7	51	48,7
	150	4,25	4,25	4,5	4,5	4,5	4,25	4,25	49,6	49,7	50,5	52,8	55,2	53,2	51
	200	4,25	4,25	4,5	4,5	4,5	4,5	4,25	50,8	52,4	53,7	53,7	54,3	53,2	52
P 30F83	0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,75	3,25	2,75	37,7	38,1	39,1	40,3	40,7	40	37,6
	75	4	4	4,25	4,5	4,25	4	4	45,5	46	47,1	52,1	49,9	47,6	45
	150	4,25	4,25	4,5	4,5	4,5	4,25	4,25	50,5	51	51,8	54,8	51,3	51	49
	200	4,5	4,5	4,5	4,75	4,75	4,5	4,25	52,7	52,9	53,8	57,6	54,6	53,4	52,7

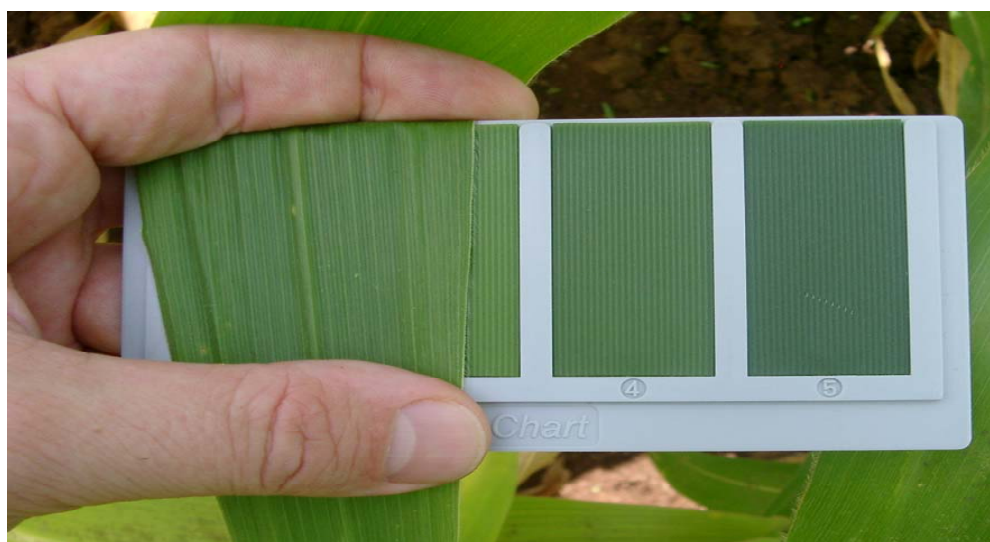
Análisis de Varianza <i>Pr &gt; F</i>														
D <sup>1</sup>									**	**	**			
N <sup>13</sup>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
H <sup>12</sup>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
D*N	**		**						**	**	**			
D*H			**											
H*N			**		**							**		

<sup>11</sup> Densidad	<sup>13</sup> Nitrógeno
<sup>12</sup> Híbrido	** Significancia al 1%



**Figura 3.** Correlación entre las unidades de lectura de la TCC y el MCF. Cada punto es el promedio de 10 lecturas.



**Figura 4.** Tabla de comparación de colores (TCC) desarrollada por el IRRI usada para medir el índice de verdor en maíz.

## CONCLUSIONES

El conocimiento del estado nutricional del maíz, particularmente el del N, en las diferentes etapas vegetativas del cultivo es importante para el productor que desea utilizar el N aplicado con los fertilizantes en forma eficiente. Las lecturas del índice de verdor utilizando la TCC en las etapas más susceptibles a estrés por falta de N (V6 a V12) permiten afinar la dosis de N a ser aplicada y consecuentemente incrementa la EAN. En este periodo es cuando se determinan el número de hileras por mazorca y el número de granos por hilera, factores determinantes en la producción final del cultivo. En general, índices de verdor superiores a 4 indican suficiencia de N y valores iguales o



superiores a éste en el estado vegetativo V12 garantizan producciones altas si las condiciones climáticas son adecuadas en los estados reproductivos comprendidos entre R1 y R3, etapas donde se determina el peso final del grano.

### **BIBLIOGRAFIA**

Espinosa, J. and J.P. García. 2008. High fertilizer prices: what can be done. *Better Crops* 92(3):8-10.

Ritchie, S.W. and J.J. Hanway. 1982. *How a Corn Plant Develops*. Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, Ames, Iowa.

Witt, C., J.M.C.A. Pasuquin, R. Mutters, and R.J. Buresh. 2005. New leaf color chart for effective nitrogen management in rice. *Better Crops With Plant Food* 89(1):36-39.