

CALIBRACIÓN DE LECTURAS DE CLOROFILÓMETRO EN HOJAS DE *Zea mays* L. EN EL VALLE MEDIO DEL RÍO YARACUY, ESTADO YARACUY *

Chlorophyll meter readings calibration in *Zea mays* L. leaf at the medium valley of the Yaracuy river, Yaracuy state

Aymara Sánchez¹, Vianel Rodríguez¹, Javier Lorbes¹, Luís Figueredo² y Argenis Rivero²

RESUMEN

Con el objetivo de calibrar las lecturas de clorofilómetro (SPAD-502) en hojas de maíz (*Zea mays* L.), se condujo un experimento en la Estación Local Yaritagua del INIA, municipio Peña, en el Valle Medio del Río Yaracuy del estado Yaracuy. Para conseguir contenido variable de N en las hojas, se aplicaron cuatro dosis de fertilización nitrogenada en forma de urea: 0, 150, 300 y 450 kg ha⁻¹ antes de la siembra, siguiendo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Se evaluaron las lecturas con el SPAD-502 (índice SPAD), contenido de N total en hoja, rendimiento en granos y sus componentes. Se muestrearon las hojas más recientemente maduras en los estados fenológicos de cuatro a cinco hojas, 9-10 hojas y floración, la primera hoja debajo y la opuesta a la mazorca, en cada tratamiento. Se determinó el contenido de N total en éstas. El índice de SPAD y el contenido de N total en la hoja presentaron diferencias (P<0,05) entre dosis en el estado de 9-10 hojas y en floración. El índice SPAD no se correlacionó con el contenido de N total en la hoja de maíz en las tres etapas evaluadas. El clorofilómetro SPAD-502 no fue eficiente para evaluar el estado nutricional de N en maíz.

Palabras clave: maíz, índice SPAD-502, fertilización nitrogenada

ABSTRACT

The objective was to calibrate the chlorophyll meter readings (SPAD-502) in corn (*Zea mays* L.) leaves, an experiment was conducted at the INIA local Station, Yaritagua, in the medium Valley of the Yaracuy River, Yaracuy State, Venezuela. To get variable content of N in the leaves, four doses of nitrogen fertilization in form of urea were applied: 0, 150, 300 and 450 kg ha⁻¹ before sowing, in a randomized blocks design with four replications. The SPAD-502 (index SPAD) readings, content of total N in leaf, the grains yield and their components were evaluated. The most recently mature leaves were sampled at the phenological stage of four to five leaves, 9-10 leaves and flowering period, the first leaf below and opposed

(*) Recibido: 12-12-2008

Aceptado: 15-05-2009

¹ Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Decanato de Agronomía. Cabudare-Lara. Email: aymaras@ucla.edu.ve; vianelr@ucla.edu.ve

² Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Estación Local Yaritagua. Km. 3, vía sector El Rodeo. Apartado. 3201. Yaritagua- Yaracuy

to corncob, for each treatment. The N leaf content was determined. The index of SPAD and the N leaf content presented differences ($P < 0,05$) between doses for the stages of 9 to 10 expanded leaves and flowering period. The index SPAD was not correlated to total N content in corn leaf for the three evaluated stages. The chlorophyll meter SPAD-502 was not efficient to evaluate the nutritional state of N in corn.

Key words: corn, readings SPAD-502, nitrogen fertilization.

INTRODUCCIÓN

Existe necesidad de mejorar la eficiencia en el uso de fertilizantes nitrogenados, para evitar la contaminación con nitratos de las fuentes de agua de consumo humano y animal y reducir los costos de producción mediante la aplicación de dosis adecuadas en el momento apropiado.

Es conocido que ocurre alta demanda de N por parte de la planta de maíz desde la elongación (V6) hasta floración. Este elemento tiene importante función como integrante de la molécula de clorofila y es uno de los nutrientes que presenta los efectos más relevantes en el aumento de la producción de granos (Neumann *et al.* 2005), de allí la importancia de suministrar y garantizar dosis adecuadas durante las etapas críticas del ciclo del cultivo.

Para lograr un manejo eficiente del N, es fundamental reconocer durante el ciclo de crecimiento, si el cultivo presenta exceso o déficit del elemento. Determinaciones periódicas y precisas del estado nutricional puede auxiliar en los programas de fertilización nitrogenada. Generalmente, el estado nutricional de las plantas es evaluado por análisis químicos de tejido vegetal (hoja), en condiciones de laboratorio

mediante métodos analíticos que demoran, de alto costo y de limitada utilización.

En lugar de evaluar el conjunto planta-suelo, el estado nutricional nitrogenado del cultivo en tiempo real puede valorarse indirectamente, debido a que se ha demostrado que la concentración de clorofila se correlaciona positivamente con el contenido de N en la planta y puede indicar concentración de este elemento en la hoja (Argenta *et al.* 2001a, Fontes y Araujo 2007). Esta relación es atribuida, principalmente, a que entre 50 y 70% del N total de las hojas es integrante de enzimas asociadas a los cloroplastos (Argenta *et al.* 2001b); lo que facilitaría la detección de la deficiencia de N.

Con este fin, se ha propuesto el uso del medidor portátil de clorofila SPAD-502. Este equipo mide, de forma no destructiva e instantánea, la transmitancia de luz a través de la hoja, a longitudes de ondas entre 650 y 940 nm. La longitud de onda corta determina una medida relativa del contenido de clorofila; mientras la longitud de onda larga es de referencia y sirve como un factor de corrección por humedad y espesor de la hoja, y ofrece lecturas en unidades de SPAD (Fontes y Araujo 2007, García y Devereede 2007).

El modelo actual, SPAD-502, de Minolta cámara Co. LTD, ha sido utilizado para diagnosticar el estado nutricional de N de cultivos como maíz (Piekielek y Fox 1992, Argenta *et al.* 2001b, Rambo *et al.* 2008), fríjol (Godoy *et al.* 2003) y tomate (Guimarães *et al.* 1999). Novoa y Villagrán (2002), con base en la alta correlación entre los valores del clorofilómetro y contenido de N, en estado fenológico de 5-6 hojas (V6), demostraron que puede ser una herramienta fácil de usar para detectar en el campo niveles críticos de N en las hojas de maíz.

Debido a que el valor SPAD es único, puede ser afectado por otros factores además de la cantidad de N, dentro de los cuales se destaca el tipo de suelo, especies ó variedades, estado de crecimiento, otros nutrientes, enfermedad y ataque de insectos y condiciones ambientales (Schepers *et al.* 1992, Yamamoto *et al.* 2002, Argenta *et al.* 2004). Por lo tanto, se puede afirmar que no existe un valor crítico único que indique suficiencia de N en todos los cultivos, localidad y condiciones ambientales (García y Deverede 2007), en consecuencia debe validarse el estatus de N bajo diversos sistemas de producción, antes de que pueda recomendarse para el uso rutinario.

Por esta razón, en lugar del uso directo de la lectura, se ha sido sugerido que la comparación de la intensidad del verde de la hoja en la planta en determinadas áreas, con la intensidad obtenida en la hoja de plantas capaces de una producción máxima por estar bien fertilizadas con N (dosis para garantizar alto valor SPAD), en la misma área cultivada y en las

mismas condiciones de manejo, es la aplicación más apropiada del medidor SPAD. De esta manera, se puede calcular el índice de suficiencia o porcentaje relativo del cultivo (Schepers *et al.* 1992, Malavolta 2006). Fontes y Araujo (2007) afirmaron que el medidor portátil de clorofila (SPAD-502) debe calibrarse para la especie, variedad y cultivar en la que se quiere medir y para las condiciones de crecimiento del cultivo.

En este trabajo se planteó como objetivo calibrar las lecturas de clorofilómetro (SPAD-502), a través de la evaluación de la relación entre las lecturas el contenido de N total en la hoja, el rendimiento de granos y sus componentes, en el cultivo de maíz en el Valle Medio del Río Yaracuy del estado Yaracuy.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció un ensayo desde mayo hasta octubre de 2008, en el campo experimental de la Estación Local Yaritagua del INIA, ubicada en el municipio Peña, del estado Yaracuy (10° 05' N y 69° 07' W), a una altitud de 320 msnm. El clima de la zona corresponde a bosque seco tropical, caracterizado por un período de sequía que dura de 4 a 6 meses. La precipitación media anual es aproximadamente 940 mm, la cual se distribuye entre mayo y octubre. La temperatura media anual es 24,7 °C. Los datos de precipitación acumulada y temperatura media durante el período del ensayo fueron obtenidos de la estación meteorológica local ubicada a 5 km del área del ensayo (Figura 1), la precipitación total durante el ciclo del cultivo fue 658,10 mm.

Diseño de experimento y tratamientos

El ensayo se estableció dentro de un lote comercial donde se ha sembrado maíz como monocultivo. Para conseguir contenido variable de N en las hojas, los tratamientos fueron dispuestos según un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron cuatro niveles de fertilización nitrogenada en forma de urea: 0, 150, 300 y 450 kg ha⁻¹. Toda la dosis se aplicó una semana antes de la siembra y se incorporó con pase de rastra.

Cada parcela estuvo formada por 15 hileras de 30 m de largo separadas a 0,8 m, para un total 360 m² por parcela, con cuatro parcelas por bloque. Cada bloque tuvo una dimensión de 48 m x 30 m, la separación entre bloques fue de 1 m para un área total del ensayo de 5.760 m².

Manejo del cultivo

El suelo se preparó mediante dos pases de rastra. Se sembraron 87500 plantas por ha⁻¹ del híbrido de maíz blanco Cargil DK 777 con una sembradora convencional. Esta labor se realizó durante la primera semana de junio de 2008.

Para evaluar la fertilidad del suelo, previo a la siembra, se colectaron cinco muestras simples de suelo por muestra compuesta en cada parcela, a tres profundidades (0-10, 10-20 y 20-40 cm). Se determinaron características físico-químicas, según la metodología propuesta por Brito *et al.* (1990), en la Unidad de Investigación de Suelos y Nutrición Mineral de Plantas, Decanato de Agronomía, UCLA (Tabla 1). Los altos contenidos de P y K en el suelo, no ameritaron la fertilización básica con estos elementos.

El manejo de la plantación incluyó uso del parasitoide *Telenomus remus* para el control biológico del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y control químico de bachacos (*Atta sp*) de forma localizada. El control de malezas se realizó con herbicidas pre y postemergentes (Atrazina y Nicosulfurón).

Determinaciones y variables analizadas

Se efectuaron lecturas correspondientes al contenido de clorofila en la hoja (índice SPAD)

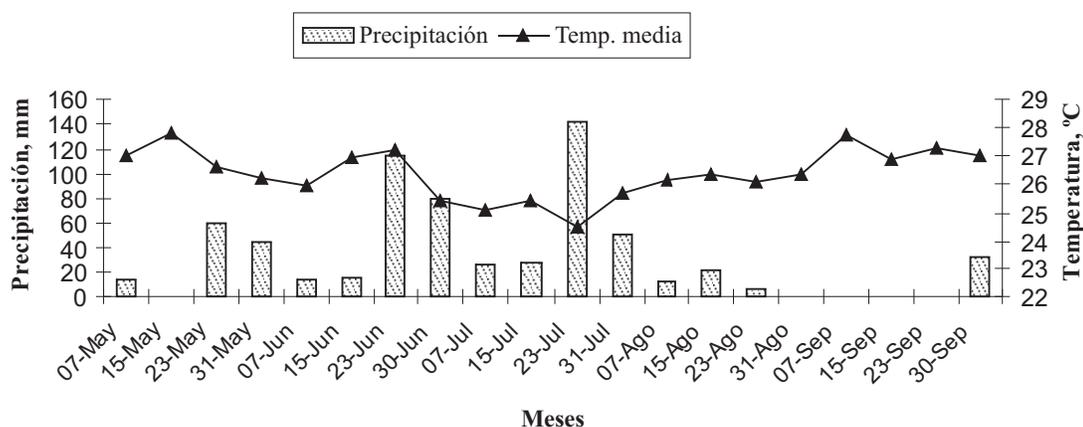


Figura 1. Registro de precipitación acumulada y temperatura media durante el transcurso del ciclo del cultivo.

con el clorofilómetro SPAD-502; el N total en hoja y rendimiento en granos y sus componentes. Las determinaciones del índice SPAD y el N total se realizaron en los estados fenológicos de cuatro a cinco hojas (V-5), 9-10 hojas (V10) y en floración, después de la emisión de la inflorescencia femenina (VR). En los estadios V-5 y V-10, se tomaron las lecturas en las hojas más recientemente maduras o completamente desarrolladas por cada tratamiento, siguiendo la metodología propuesta por Argenta *et al.* (2001b). Durante floración, en producción de barba, las lecturas se realizaron en la hoja índice VRi (primera hoja debajo de la mazorca) y hoja opuesta a la mazorca (VRo) (Argenta *et al.* 2001b, Casanova 2005). Una vez realizadas las lecturas con el clorofilómetro, las mismas hojas fueron retiradas para conformar dos muestras compuestas por parcela, en las cuales se determinó el contenido de N total. Las hojas fueron lavadas y almacenadas en bolsas de papel, secadas en estufas de circulación forzada a 60-70 °C por 72 horas, molidas y sometidas a digestión húmeda por el método de micro Kjeldhal (Bremner 1996).

Para la obtención de las muestras, las

parcelas fueron divididas en dos partes iguales y en cada una se seleccionaron 10 plantas por tratamiento y repetición. En la hoja seleccionada se tomó una lectura promedio, de tres puntos situados a dos tercios de la longitud de la hoja, a partir de 3 cm de la base y punta de la hoja. Las lecturas fueron realizadas durante la mañana, a la sombra, para evitar incidencia directa de la luz solar sobre el clorofilómetro.

La cosecha fue realizada cuando los granos alcanzaron humedad alrededor de 19% (135 días después de la siembra), en siete hileras centrales se eliminaron las plantas de los extremos para disminuir el efecto de bordura (área efectiva de 162,4 m² por parcela), el rendimiento en granos fue obtenido por la extrapolación de la producción por parcela a una hectárea, ajustado por humedad al 12%.

Se cosecharon siete plantas en cinco puntos de un metro lineal por parcela, cuatro de ellos ubicados en los extremos y uno en el centro de la parcela, con la finalidad de evaluar los siguientes componentes del rendimiento: longitud de la mazorca (LM), diámetro de la mazorca (DM), número de hileras por mazorca

Tabla 1. Características físico-químicas del suelo experimental.

Prof. (cm)	pH	CE (dS m ⁻¹)	MO %	P	K	Ca	Mg	a	L	A
					mg kg ⁻¹				%	
0-10	5,52c	0,31a	1,64a	28a	374a	987b	80	41	28,8a	30,6b
10-20	5,75b	0,21b	1,48a	19b	261b	1131a	76	40	26,6b	31,8ab
20-40	5,96a	0,17c	1,18b	14c	241b	1184a	75	40	26,1b	33,1a

pH y CE en agua: relación 1:2,5

Materia orgánica (MO): Walkley-Black

P: Olsen; K,Ca,Mg: Extracción con Acetato de amonio 1 N, pH 7.0.

Arena (a), limo (L) y arcilla (A): por método de Bouyoucos

Promedios en la misma columna, seguidos por letras distintas, difieren según la prueba de Tukey al 5%.

(NM) y peso de granos por mazorca (PGM).

Análisis estadístico

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente: $Y_{ijk} = \mu + N_i + \beta_j + \varepsilon_{ijk}$;

Donde: Y_{ijk} = índice SPAD, contenido de N total, rendimiento de granos y sus componentes; μ = media de las observaciones; N_i = efecto debido al i -ésimo nivel de N aplicado; β_j = efecto del j -ésimo bloque; ε_{ijk} = error experimental de i -ésimo nivel de N para j -ésima observación.

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza según el modelo indicado y la comparación de medias entre los tratamientos fue efectuada por la prueba de Tukey ($P < 0,05$), empleando las rutinas del Programa Statistix 8.0. Los supuestos de normalidad e independencia fueron evaluados mediante las rutinas del mismo programa estadístico. Los índices SPAD, N total en hoja y rendimiento de grano y sus componentes fueron sometidos a análisis de correlación simple.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índice de SPAD y Contenido de N en la hoja

Como se puede apreciar en la Tabla 2, no hubo influencia significativa ($P > 0,05$) de los niveles de N sobre el índice de SPAD y el contenido de N total en la hoja en la etapa de desarrollo V5; mientras que en el estadio 9-10 hojas (V10) y en la etapa de floración se observaron diferencias ($P < 0,05$) entre tratamientos. Los valores del índice SPAD, en las

etapas de desarrollo evaluadas fueron inferiores a los valores críticos de 45,4, 52,1, 53,3 y 58,0 establecidos por Argenta *et al.* (2004) para las etapas de tres a cuatro hojas, seis a siete, 10 a 11 y floración, respectivamente. Así mismo, fueron inferiores con respecto a los valores reportados por Rambo *et al.* (2008) en la etapa V10 (52,6) y floración (58,1).

Para el estadio V10, los valores más bajos de las lecturas de SPAD se observaron en el tratamiento sin N, el cual fue similar ($P > 0,05$) al tratamiento con 450 kg ha⁻¹ de N. Los valores obtenidos para este estadio concuerdan con los reportados por Rambo *et al.* (2008) tanto para contenido de N como para valores del índice SPAD, con mayor similitud en los tratamientos que recibieron 300 kg ha⁻¹ de N. Sin embargo, los valores para el índice SPAD reportado por García y Espinosa (2008) para el híbrido DK 777, en los estados fisiológicos V6 y Floración, no concuerdan con los obtenidos en esta investigación. Los autores reportan que este híbrido presentó valores mayores en los tratamientos sin N (39,5) y con dosis altas de N (51,2), en este estudio la magnitud de los valores fue diferente para cada material genético evaluado.

Estos resultados muestran baja sensibilidad del medidor portátil de clorofila al consumo de lujo de N por las plantas, ya que el aparato mide la intensidad de la coloración verde, por lo que el N que no fue incorporado a las moléculas de clorofila no se reflejará en la variación de la intensidad del color (Godoy *et al.* 2003). El N absorbido en exceso, se acumula

como nitrato, el cual no se asocia con la molécula de clorofila y en consecuencia no puede ser cuantificado por el medidor de clorofila (Argenta *et al.* 2001a).

Los valores del índice SPAD en la etapa VRo, presentaron diferencias debido a las dosis de N aplicadas en el suelo; mientras que en la etapa VRi no hubo efecto de tratamientos. Los valores del índice SPAD variaron en un rango desde 52,45 hasta 56,43 para VTi y desde 50,76 hasta 55,74 para VTo. Estos resultados son superiores a los reportados por Malavolta (2006) como adecuados (45 y 48) para la etapa VRi.

No hubo efecto de los niveles de N aplicados en el contenido de N total en la hoja en la etapa V5 y en floración cuando se determinó en la hoja índice debajo de la mazorca. Los valores observados para VRi fueron superiores a los reportados por Novoa y Villagrán (2002), los cuales variaron entre 0,93 y 2,36 % de N, para cuatro niveles de fertilización.

Para la etapa V10 y floración (VRo) hubo efecto ($P < 0,05$) de la fertilización nitrogenada sobre contenido de N total en hojas, el cual fue menor cuando no se aplicó N. Para la etapa de floración VRo, utilizada para evaluar los contenidos totales adecuados de los nutrientes en el cultivo, los valores observados están dentro del rango de suficiencia de N (2,8 – 3,5 %) reportado por Malavolta *et al.* (1997), con excepción del tratamiento sin aplicación de N.

Rendimiento de granos de maíz

Para el rendimiento de granos de maíz y sus componentes no hubo influencia ($P > 0,05$) de las dosis de N aplicadas (Tabla 3). El mayor (5,70 Mg ha⁻¹) y menor (4,83 Mg ha⁻¹) rendimiento fue obtenido con la aplicación de 150 y 450 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Sin aplicación de N, se obtuvo rendimiento de 5,41 Mg ha⁻¹, que puede ser atribuido al N aportado por el suelo, producto de residuos de cultivos anteriores.

Tabla 2. Lecturas de SPAD y contenido de N en diferentes estados de desarrollo del cultivo maíz, de acuerdo con la dosis de nitrógeno aplicada.

Dosis Kg ha ⁻¹	Índice SPAD				N Total (%)			
	Floración				Floración			
	V5	V10	VRi	VRo	V5	V10	VRi	VRo
N-0	42,45	50,27b	54,09a	53,91ab	4,21	3,10b	2,61	2,33b
N-150	43,88	52,67 ^a	52,45a	50,76b	4,19	3,84a	2,88	2,68a
N-300	43,84	52,14 ^a	55,69a	55,27a	4,21	3,76a	2,78	2,74a
N-450	45,34	51,05ab	56,43a	55,74a	4,24	3,74a	2,98	2,87a
Promedio	43,88	51,53	54,92	54,23	4,21	3,62	2,81	2,66
CV (%)	5,46	4,68	5,47	6,40	4,7	3,20	7,84	6,47

Promedios en la misma columna seguidos por letras distintas son diferentes (Tukey $P < 0,05$).

La precipitación ocurrida desde la siembra hasta floración del cultivo (Figura 1) fue mejor distribuida en la etapa de crecimiento y floración, hubo mayor disponibilidad de humedad en los meses de junio y julio. Así mismo, no se presentaron problemas con plagas y enfermedades que comprometieran el rendimiento del cultivo.

Con respecto a las características físico-químicas del suelo, los datos fueron analizados con la técnica estadística multivariada de análisis discriminante canónico (Friendly 2007), para evaluar si las parcelas, previo a la aplicación de la fertilización nitrogenada, podían ser discriminadas a través de las propiedades químicas medidas; este análisis indicó, por medio del estadístico lambda de Wilk's (Wilk's lambda = 0,354, $P > 0,05$), que las funciones canónicas no pueden ser discriminadas a través de esas propiedades químicas. Sin embargo, la distribución espacial de los valores de funciones o variables canónicas, establecidos a partir de las

propiedades químicas mostró mayor variabilidad en las parcelas seleccionadas al azar para recibir el tratamiento con 0 kg ha⁻¹ de N. Con base en lo anterior, se infiere que la falta de respuesta de las plantas a los niveles de N aplicados, puede ser debida a la disponibilidad de los nutrimentos en el suelo, que influyeron en el contenido de N en el suelo.

No hubo diferencias ($P > 0,05$) para la longitud, diámetro y peso de mazorca, aunque se observó tendencia superior en las parcelas fertilizadas. Resultados similares fueron reportados por Marcano *et al.* (1994). García y Espinosa (2008) afirmaron que el nivel de N que se presenta durante las etapas vegetativas comprendidas entre V6 y V12 es un importante regulador del número total de granos, ya que en estas etapas se define el número de hileras por mazorca y el número de granos por hilera. Con base en esta afirmación se puede inferir que durante las etapas desarrollo V6 y V12 del cultivo no ocurrió deficiencia de N.

Tabla 3. Rendimiento de granos de maíz y componentes.

Tratamientos	Rendimiento Mg ha ⁻¹	LM (cm)	DM (cm)	NM	PGM (g)
N-0	5,41	13,37	6,93	13,68	83,21
N-150	5,70	13,83	7,05	13,72	89,83
N-300	5,11	14,60	7,08	14,09	98,49
N-450	4,83	14,64	7,03	13,79	93,54
Valor de F	0,42ns	3,24ns	0,75ns	0,64ns	0,85ns
CV (%)	21,98	9,78	5,84	5,61	27,83

ns: diferencias no significativas ($P > 0,05$).

LM= longitud de la mazorca, DM= diámetro de la mazorca, NM= número de hilos por mazorca, PGM= Peso de granos por mazorca.

Correlación entre índice SPAD, N total en hoja, rendimiento de granos y sus componentes

La correlación entre el índice SPAD y el contenido de N total en hojas totalmente expandidas, en los estadios de 4-5 y 9-10 hojas y en floración no fue significativa ($P>0,05$), según se muestra en la Tabla 4. Estos resultados concuerdan con los reportados por Argenta *et al.* (2001b) y Rocha *et al.* (2005), quienes no obtuvieron correlación entre las lecturas del clorofilómetro y el contenido de N en la hoja, en las etapas iniciales de desarrollo del maíz (seis a siete hojas). Por otra parte, estos resultados no coinciden con lo informado por Novoa y Villagrán (2002), quienes al evaluar el uso del medidor de clorofila en maíz en estado fenológico V6, obtuvieron correlación y coeficiente de determinación de 0,93 y 0,88, respectivamente.

La falta de asociación entre el índice SPAD y el contenido de N en la hoja para el estadio V10 y floración no concuerda con los resultados obtenidos por Novoa y Villagrán (2002) y Rocha *et al.* (2005). Esta discrepancia puede ser debido a la variabilidad creada por la aplicación de altas dosis de N en el presente estudio, lo que produjo alto contenido de este elemento en la hoja.

La correlación entre el índice SPAD y el contenido de N en la hoja con el rendimiento de granos, no fue significativa para las etapas de desarrollo evaluadas. Estos resultados sugieren que no hubo restricción de N durante las etapas

críticas del cultivo, probablemente debido a la alta disponibilidad en el suelo causada por la aplicación de N antes de la siembra. Waskom *et al.* (1996) y Argenta *et al.* (2001a) no observaron correlación de las lecturas del medidor de clorofila en el estadio de V6 con el rendimiento de granos. Así mismo, Rocha *et al.* (2005) no reportaron correlación del contenido de N con el rendimiento en los estadios de 4 y 8 hojas.

Para la etapa de floración hubo correlación ($P<0,05$) entre las lecturas del clorofilómetro tomadas en VRi y en VRo con los componentes de rendimiento longitud y diámetro de mazorca y peso de granos por mazorca. Sin embargo, el diagnóstico en estadios avanzados de desarrollo del maíz no es útil para corregir deficiencias nutricionales, debido a que el tamaño de la mazorca es definida en los estadios de 11 a 12 hojas (Rocha *et al.* 2005).

Con estos resultados se lograron recopilar valores de referencia de lecturas del clorofilómetro y contenido de N en las hojas, en condiciones de aplicación de altas dosis de fertilización con este elemento en el suelo. Es necesario continuar investigaciones con este equipo para lograr la calibración y validar su utilización en el diagnóstico del contenido de nutricional nitrogenado en el cultivo de maíz.

Tabla 4. Correlación entre las variables evaluadas en los estadios de cuatro a cinco (V5), de 9 a 10 (V10), hojas completamente expandidas y en floración en la hoja índice (VRi) y opuesta (Vto) a la mazorca del híbrido de maíz Dk777.

Variables	Índice SPAD				Contenido de N			
	V5	V10	VRi	VRo	V5	V10	VRi	VRo
Índice SPAD V5	-				ns			
Índice SPAD V10		-				ns		
Índice SPAD Vti			-				ns	
Índice SPAD Vto				-				ns
Rendimiento de granos	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Longitud mazorca	ns	ns	0,69*	0,75*	ns	ns	ns	0,62*
Diámetro de mazorca	ns	ns	0,53*	0,61*	ns	ns	ns	ns
Peso de grano/mazorca	ns	ns	0,58*	0,69*	ns	ns	ns	ns

ns: (P>0,05). Valores de r, *=(P<0,05); **=(P<0,01)

CONCLUSIONES

- Los niveles de N aplicados promovieron variaciones significativas en el índice SPAD y en contenido de N total en hojas; sin embargo, el rendimiento de granos y sus componentes no fueron afectados por la dosis de N.

- Los valores del índice SPAD no estuvieron correlacionados con los contenidos N en hoja en las tres etapas evaluadas ni con el rendimiento de grano.

- En las condiciones del presente estudio, el medidor portátil de clorofila SPAD-502 no fue eficiente para evaluar el estado nutricional de N en maíz.

AGRADECIMIENTO

Al Técnico Carlos Colmenares del Decanato de Agronomía de la Universidad

Centooccidental Lisandro Alvarado, UCLA, por su apoyo en la realización del experimento.

REFERENCIAS

- Argenta, G., Ferreira, P. y Sangoi, L. 2004. Leaf relative chlorophyll content as an indicator parameter to predict nitrogen fertilization in maize. *Ciência Rural* 34(5): 1379-1387.
- Argenta, G., Ferreira P. y Bortolini, C. 2001a. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio cereais. *Ciência Rural*. 31(4): 715-722.
- Argenta, G., Silva, F., Bortolini, C., Forsthofer, L. e Strieder, M. 2001b. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. *R Brás. Fisiol. Veg.* 13(2):158-167.
- Bremner, J. M. 1996. Nitrogen-total. In: Bartels, J.M., ed. *Methods of soil analysis. Part 3 - Chemical Methods*. SSSA Book Series: 5.

- pp.1085-1121.
- Brito J., López de Rojas, I. y Pérez de Roberti, R. 1990. Manual de métodos y procedimientos de referencia: Análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. Serie D N° 26. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias-CENIAP, Maracay. 164p.
- Casanova, E. 2005. Introducción a la Ciencia del Suelo. UCV. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Caracas, Venezuela. 453 p.
- Friendly, M. 2007. HE Plots for Multivariate General Linear Models. Journal of Computational and Graphical Statistics. 16:1-23.
- Fontes, P. y Araujo, C. 2007. Adubação nitrogenada de hortaliças. Principios e práticas com o tomateiro. Ed. UFV. Brasil. 148 p.
- García, F. y Deverede, I. 2007. Diagnóstico para recomendação de adubação nitrogenada em culturas de interesse agrônômico. In: Yamada, T., S.R. Stipp y A.G.C. Vitti., Ed. Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. IPNI, Piracicaba, Brasil. pp. 277-307
- García, J. y Espinosa, J. 2008. Relación del índice de verdor con la aplicación de nitrógeno en diez híbridos de maíz. Información agronómicas 4. [http://www.ppi-ppic.org/ppiweb/ltamn.nsf/\\$webindex/2ff37fb8f1c6cda10525753e005876d6](http://www.ppi-ppic.org/ppiweb/ltamn.nsf/$webindex/2ff37fb8f1c6cda10525753e005876d6). [enero 2009].
- Godoy, L., Villas, R. e Büll, L. 2003. Utilização da medida do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada em plantas de pimentão. R. Bras. Ci. Solo. 27:1049-1056.
- Guimarães, T., Rezende, P., Gomes, P., Alvarez V. e Henrique, P. 1999. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivados em dois tipos de solo. Bragantia 58 (1):209-216.
- Malavolta, E. 2006. Manual de Nutrição Mineral de Plantas. Ed. Agronomica Ceres- Sao Paulo-Brasil. pp.613-631.
- Malavolta, E., Vitti, G. e Oliveira, S. 1997. Avaliação Do Estado Nutricional Das Plantas. Princípios e aplicações. Potafos. Piracicaba. 319 p.
- Marcano, F., Ohep, C. y Francisco, D. 1994. Efecto de la labranza y del nitrógeno en algunos componentes del rendimiento, macroporosidad del suelo, densidad radical y producción del maíz *Zea mays* L. Agronomía Tropical 44(1):5-22.
- Neumann, M., Sandini, I., Campos, S., Ost, P., Romano, M., Kimie, M. e Pansera, E. 2005. Rendimientos e componentes de produção da planta de milho (*Zea mays* L.) para silagem, em função de níveis de adubação nitrogenada em cobertura. Revista Brasileira de Milho e Sorgo 4(3):418-427.
- Novoa R. y Villagrán, N. 2002. Evaluación de un instrumento medidor de clorofila en la determinación de niveles de nitrógeno foliar en maíz. Agricultura Técnica 62(1): 166-171.
- Piekielek, W. and Fox, R. 1992. Use of chlorophyll meter to predict sidedress

nitrogen requirements for maize.

Agronomy J. 84(1):59-65.

Rambo, L., Ferreira, P., Strieder, M., Delatorre, C., Bayer, C. e Argenta, G. 2008. Adequação de doses de nitrogênio em milho com base em indicadores de solo e de planta. *Pesq. Agropec. Bras.* 43(3):401-409.

Rocha, R., Cardoso, J., Teixeira, P., Miranda, G., Agnes, E., Gomes, P. e Leite, U. 2005. Relação índice SPAD, determinado pelo clorofilómetro, com teor de nitrogenio na folha e rendimento de grãos em três genótipos de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo* 4(2):161-171.

Schepers, J., Francis, D., Pvcgil, M. and Below, F. 1992. Comparison of corn leaf-nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 23(17):2173-2187.

Waskom, R., Westfall, D. and Spellman, D.E. 1996. Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. *Commun. Soil. Sci. Plant. Anal.* 27(3):545-560.

Yamamoto, A., Nakamura, T., Adu-Gyamfi, J. and Saigusa, M. 2002. Relationship between chlorophyll content in leaves of sorghum and pigeonpea determined by extraction method and by chlorophyll meter (SPAD-502). *Journal of Plant Nutrition* 25 (10): 2295-2301.