

Mar del Plata, 18 de Agosto de 2011

6° COMUNICACIÓN TÉCNICA 2011
Elaborado por GRUPO TÉCNICO DE FERTILAB

EMPLEO DEL NITRÓGENO ANAERÓBICO EN MAÍZ: RESULTADOS DE ENSAYOS DEL SUR DE SANTA FÉ

INTRODUCCIÓN:

El maíz es uno de los cultivos de verano más importantes de los sistemas productivos de la región pampeana no solo por su nivel de producción (20-22 millones toneladas) sino también por su importancia en la rotación, debido a la gran cantidad de rastrojo, y por ende, de carbono que devuelve al sistema. Entre los nutrientes, el nitrógeno (N) es el que con mayor frecuencia limita la producción del cultivo, producto de los altos requerimientos y por la progresiva eliminación de las pasturas en los sistemas de producción. Existen diferentes metodologías que tratan de evaluar el estado de nutrición nitrogenada del cultivo entre los que se puede mencionar el método de balance de N, la determinación de la concentración de N en diferentes órganos de la planta, la curva de dilución, el empleo de índices espectrales y la determinación del contenido de nitrato en pre-siembra y en el estadio de 5-6 hojas del cultivo.

Para la zona centro y norte de la región pampeana se recomienda la determinación del contenido de nitrato en pre-siembra como método de diagnóstico de N, debido a las escasas lluvias invernales y las mayores temperaturas en relación a la zona sur. Sin embargo, en regiones húmedas y en la zona sur de la región pampeana este método de diagnóstico es poco sensible debido la baja mineralización de N previo a la siembra y a las pérdidas que ocurren antes del período de mayor consumo de dicho nutriente por el cultivo. Además, en general, estas zonas se caracterizan por mayores contenidos de materia orgánica, y por ende, un mayor aporte de N por mineralización, lo cual no siempre puede ser evaluado con el muestreo en pre-siembra. Frente a esta situación, varios trabajos han propuesto como método de diagnóstico la determinación del contenido de nitrato en suelo en el estadio de 5-6 hojas (0-30 cm), momento en el cual ya se a producido una mayor mineralización del N. No obstante, esta metodología presenta la desventaja del escaso tiempo disponible entre la toma de la muestra de suelo y la fertilización, particularmente para las empresas que siembran grandes superficies y tienden a adelantar la aplicación del N. Por lo tanto, surge la necesidad de contar con algún indicador del aporte de N por mineralización con el objetivo de mejorar la evaluación temprana de la disponibilidad de N para el cultivo. Para tal fin, la determinación del contenido de N-amonio producido en incubación anaeróbica (Nan) de muestras de suelo del estrato superficial (0-20cm) parecería ser un indicador confiable, dado que se correlaciona estrechamente con el N potencialmente mineralizable del lote. Es válido mencionar, que este

método se basa en la realización de una incubación anaeróbica corta de 7 días a 40°C, con posterior determinación de N-amonio mediante destilación por arrastre de vapor.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el empleo del Nan como herramienta complementaria a la determinación del contenido de N-nitrato a la siembra del cultivo para el diagnóstico de N en maíz.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS

Durante la campaña 2010, Fertilab en forma conjunta con a un grupo de profesionales de la actividad privada, realizaron ensayos de fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz bajo siembra directa en la zona sur de Santa Fé (Localidades de Rufino, San Gregorio y Teodelina). En cada una de las tres localidades los experimentos fueron realizados en ambientes de Loma (**L**), Media Loma (**ML**) y Bajo (**B**). En la Tabla 1 se presentan, para las tres localidades y cada ambiente, las principales características de suelo al momento de la siembra del maíz y el rendimiento del cultivo. Se evaluaron tres dosis de N (**testigo, dosis del lote y doble dosis**) aplicadas al voleo e incorporada bajo la forma de Urea (46-0-0) a la siembra del cultivo. La dosis del lote varió entre 55 y 70 kg N ha⁻¹, 80 y 110 kg N ha⁻¹ y entre 110 y 140 kg N ha⁻¹ para los ambientes de **L**, **ML** y **B**, respectivamente. Los experimentos fueron realizados sin limitaciones de fósforo y azufre, para lo cual se aplicó una dosis alta de dichos nutrientes en función de la disponibilidad y el rendimiento objetivo de cada ambiente.

Tabla 1. Características de suelo a la siembra del maíz y rendimiento para los diferentes sitios experimentales. MO= materia orgánica. COP= carbono orgánico particulado. L= Loma, ML= Media Loma, B= Bajo, Rto = rendimiento y DL= dosis del lote.

Localidad	Ambiente	Arena (%)	MO (%)	P Bray (ppm)	COP (%)	Nan (ppm)	N-nitrato (kg ha ⁻¹) (0-60cm)	Rto testigo (kg ha ⁻¹)	Rto DL (kg ha ⁻¹)
Teodelina	L	82	1.8	18.1	0.30	24	55.2	5232	6060
	ML	76	2.1	10.8	0.38	31	55.2	7044	7180
	B	62	3.5	7.4	0.59	41	64.6	9188	11800
San Gregorio	L	79	1.9	24.9	0.54	19	55.4	4439	4415
	ML	74	2.3	17.3	0.49	34	64.8	11828	12100
	B	68	2.8	29.2	0.68	42	81.6	14000	14270
Rufino	L	87	1.4	30.2	0.14	25	65.0	5270	4870
	ML	71	2.1	11.8	0.34	31	92.6	10600	12950
	B	68	2.3	7.1	0.38	40	82.1	12370	15260

RESULTADOS

Los rendimientos del cultivo de maíz (**dosis del lote**) para las tres localidades y ambientes se indican en la Tabla 1. El rendimiento de los testigos fueron de 5050, 11200 y 11800 kg ha⁻¹ para el ambiente **L**, **ML** y **B**, respectivamente. Estas diferencias en rendimiento se explicarían por las mejores propiedades físicas y

químicas, y la mayor profundidad de suelo de los ambientes de **ML** y **B** respecto a **L** (Tabla 1). La respuesta al agregado de N fue baja (600 kg ha^{-1}) o nula en **L**, de 270 a 3350 kg ha^{-1} en **ML** y de 260 a 3200 kg ha^{-1} para el ambiente **B**. Además, es válido mencionar que la máxima respuesta a N se obtuvo con la **dosis del lote** para los diferentes ambientes, con eficiencias de uso de N del fertilizante que no superaron los 22 kg grano/kg N aplicado, lo cual se explicaría por la baja disponibilidad hídrica durante el ciclo del cultivo (Figura 1). Lo mencionado se ve reflejado en el desbalance entre precipitaciones y evapotranspiración, particularmente durante el período crítico del cultivo (Figura 1). En línea con lo mencionado, para los meses de Noviembre, Diciembre y Enero se estimaron deficiencias hídricas promedio de 93, 102 y 93 mm, respectivamente.

Por otra parte, en la Figura 2 se muestra la relación entre el número de granos (NG) y el rendimiento del cultivo para los diferentes ambientes. En la misma se observa que el NG (desde 1500 hasta $6500 \text{ granos m}^{-2}$) fue el principal componente del rendimiento (desde 4500 hasta 15000 kg ha^{-1}) ya que explicó el 90% de las variaciones en el mismo (Figura 2), siendo de menor magnitud el efecto del peso de mil granos ($R^2 = 0.49$, datos no mostrados).

En la Figura 3 se presenta, para todos los ensayos, la relación entre el rendimiento del maíz en los tratamientos testigos y la concentración de Nan a la siembra. El contenido de Nan explicó el 77% de la variabilidad en el rendimiento, lo que pone de manifiesto la importancia de este indicador para el diagnóstico de N en maíz. Es válido mencionar que en dicha relación es muy evidente el efecto del **ambiente**, el cual es la principal causa de variación del Nan, por lo tanto se requiere un mayor número de sitios dentro de cada ambiente para una mejor evaluación. Sin embargo, estos resultados indican que la determinación del Nan a la siembra de maíz permitió identificar ambientes con diferente potencialidad dentro de un mismo lote, siendo las diferencias en Nan entre sitios de menor magnitud (Figura 3).

Por otra parte, en la Figura 4 se presenta la relación entre el rendimiento del maíz y la disponibilidad de N (suelo+fertilizante) a la siembra del cultivo. Como fue mencionado, en la misma se observa la baja respuesta a N en el ambiente **L**, siendo similar la respuesta para la **ML** y **B** (Figura 4). La falta de respuesta en las **L** se explicaría por el mayor stress hídrico del cultivo debido al alto contenido de arena de los suelos (Tabla 1), y por ende, una menor capacidad de retención de hídrica. Además, en el ambiente **ML** de Teodelina también se determinó una baja respuesta al agregado de N. Para los ambientes sin aparentes limitaciones hídricas, la disponibilidad inicial de N (suelo+fertilizante) explicó el **42%** de la variación en el rendimiento del cultivo. Similares resultados han sido observados por otros autores en la región sur de Santa Fé. A partir de la Figura 4 es factible estimar el requerimiento de N, el cual fue de 16 y $21 \text{ kg N Ton de grano}^{-1}$ para disponibilidades de

N de 200 y 300 kg N ha⁻¹, respectivamente. Cuando se incorporó el Nan para la estimación del rendimiento del cultivo, se obtuvo una mejora considerable en el ajuste del modelo (Figura 5). En efecto, la disponibilidad de N del suelo (N-nitrato+Nan+Nfertilizante) explicó el **57%** de la variación en rendimiento, no obstante, es válido mencionar que también existen variaciones en rendimiento entre sitios por efecto de tipo de suelo, antecesor, precipitaciones, manejo, entre otras. Al considerar el N aportado por mineralización, estimado a partir del Nan, los requerimientos de N para producir una tonelada de grano fueron de 24 y 34 kg N para disponibilidades de 300 y 500 kg N ha⁻¹, respectivamente. Es válido mencionar que similares valores de requerimientos de N han sido citados en la bibliografía.

En síntesis, estos resultados indican que la determinación del contenido de N-nitrato junto con el Nan a la siembra del cultivo de maíz permite cuantificar con mayor precisión la disponibilidad de N para el cultivo, y por ende, mejorar el ajuste de la fertilización para distintos niveles de rendimiento. No obstante, este trabajo requiere ser ampliado tanto en el área de estudio como principalmente en otras zonas productoras de maíz para mejorar el diagnóstico de la fertilización nitrogenada.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias a la colaboración de los Ingenieros Marcelo Rodríguez, Javier Del Pazo, Gastón Cubero, Guillermo Subiza y de las empresas que ellos integran.

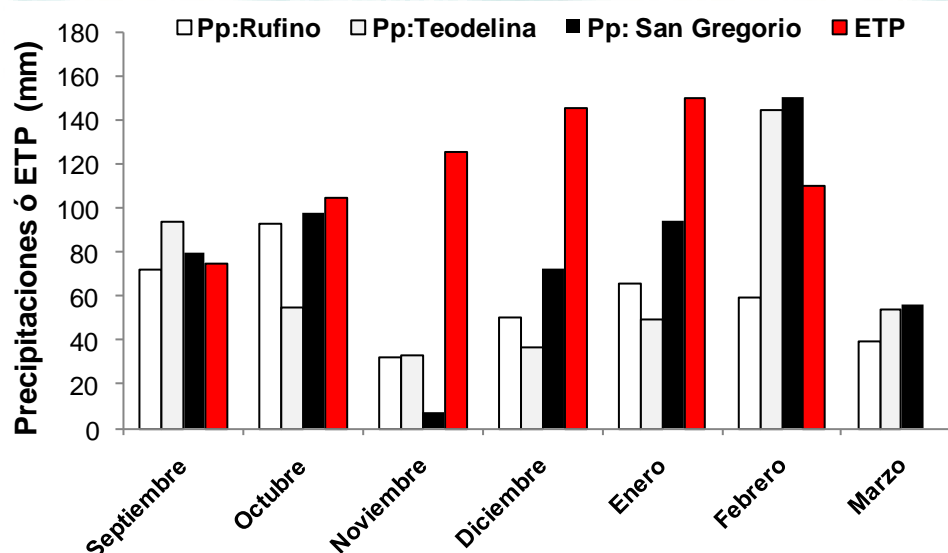


Figura 1. Precipitación y evapotranspiración media para los meses de Septiembre a Marzo en los diferentes sitios experimentales.

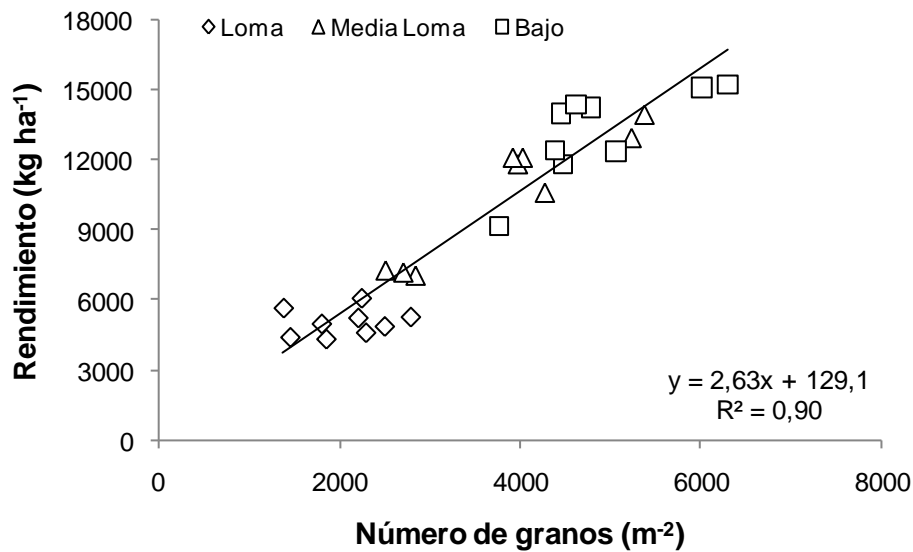


Figura 2. Rendimiento promedio del cultivo de maíz en función del número de granos para los diferentes ambientes y sitios experimentales.

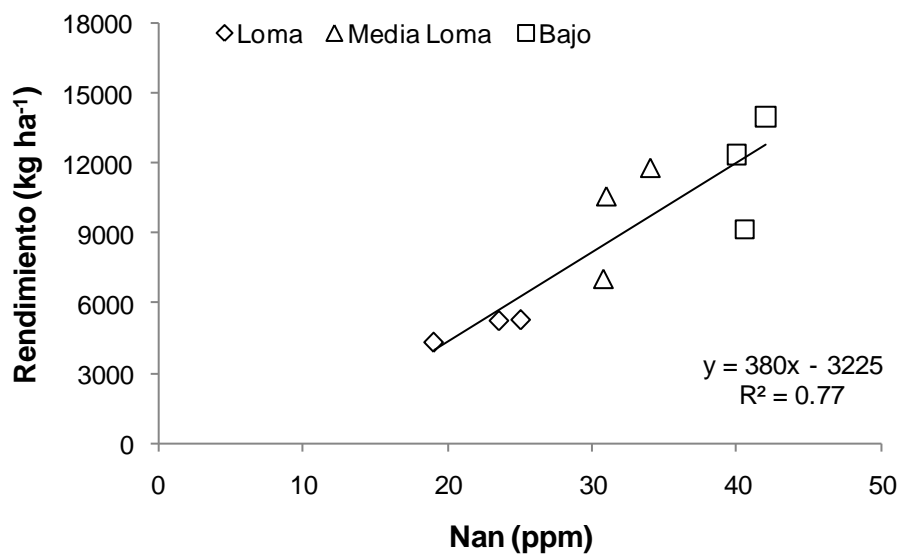


Figura 3. Rendimiento promedio de maíz de los tratamientos testigos en función del contenido de Nan a la siembra del cultivo, para los diferentes ambientes y sitios experimentales.

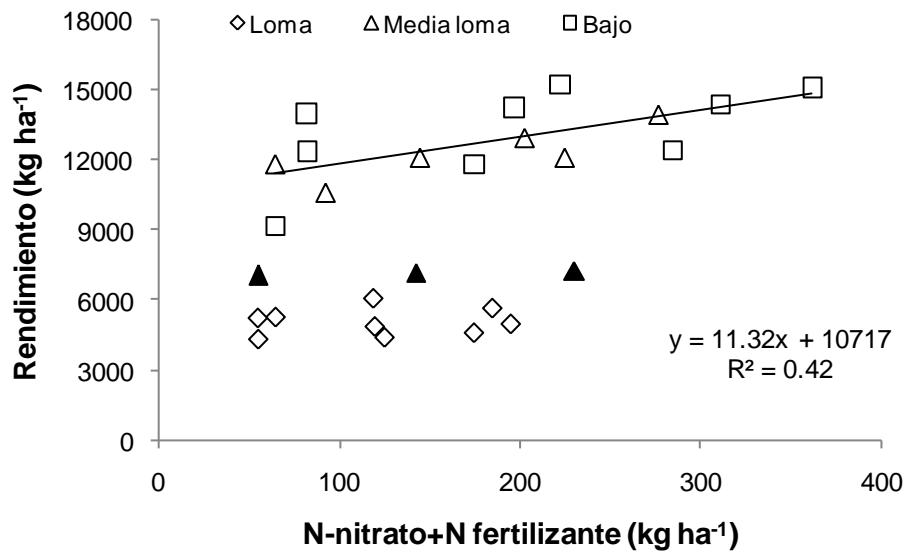


Figura 4. Rendimiento promedio del cultivo de maíz en función de la disponibilidad de N (suelo+fertilizante) a la siembra. Los ambientes de Loma y la Media Loma de Teodelina (▲) no se consideraron en el ajuste por efecto del stress hídrico.

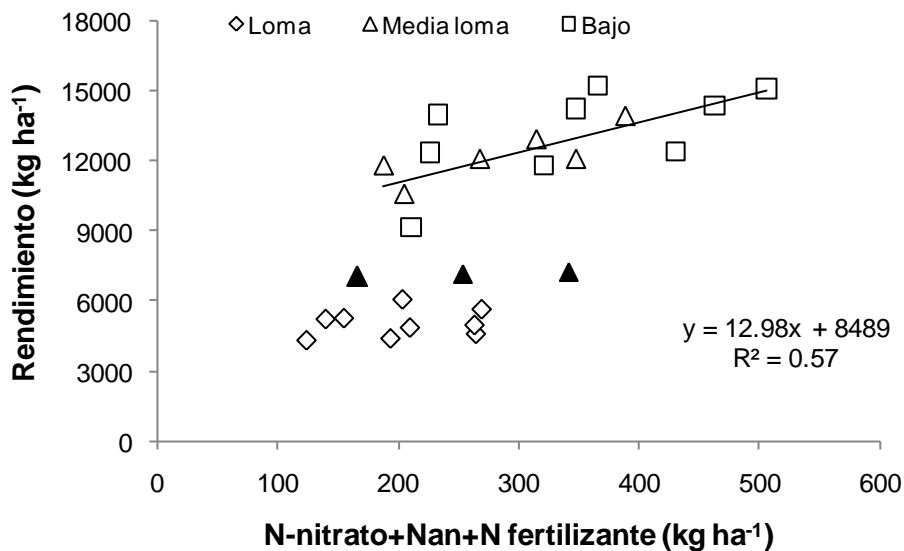


Figura 5. Rendimiento promedio del cultivo de maíz en función de la disponibilidad total de N (suelo+Nan+fertilizante). Los ambientes de Loma y la Media Loma de Teodelina (▲) no se consideraron en el ajuste por efecto del stress hídrico. **La concentración de Nan (0-20cm) se transformó a kg ha⁻¹ empleando un factor de corrección de 3.6.**