

Informe de avance de tesis

Tesista: Ing. Agr. Mateos Inchauspe, Facundo

Director: Ing. Agr. (Msc) Giletto, Claudia

Comité consejero: Ing. Agr. Dr. Reussi Calvo, Nahuel; Ing. Agr. (Msc) Echeverría, Hernán

Título: Prognosis de nitrógeno en papa para industria en el sudeste bonaerense

Palabras clave: diagnóstico; nitrógeno incubado en anaerobiosis; sensores.

1. Exposición sintética de la labor experimental desarrollada (trabajos, técnicas empleadas, métodos, análisis estadístico, resultados preliminares). No exceder de 4000 palabras.

Introducción

El cultivo de papa para industria en el sudeste bonaerense (SEB) requiere de una óptima suplementación de nutrientes para lograr altos rendimientos de tubérculos con la calidad requerida por las fábricas. Los métodos de diagnóstico de requerimiento de nitrógeno (N) en papa se basan en la determinación del contenido de N como nitrato (N-NO_3^-) en suelo en pre-siembra (Ni). Sin embargo, este modelo no contempla en forma directa el aporte de N por mineralización de la materia orgánica (MO). El Ni es efectivo en regiones donde la pérdida de N es limitado (Zebarth y Rosen, 2007). En el SEB, en trigo y maíz, solamente entre el 38 y el 54% de la variación del rendimiento fue explicada por la disponibilidad de nitrato a la siembra (0-60 cm) (Sainz Rozas *et al.*, 2008; Barbieri *et al.*, 2009). La papa tiene un sistema radical superficial que lo hace poco eficiente para absorber el N (Hyatt *et al.*, 2010), por lo tanto en zonas húmedas como el SEB, el Ni no permitió predecir el rendimiento y la respuesta en rendimiento al agregado de N (Giletto *et al.*, 2016).

Por otro lado, el aporte de N proveniente de la mineralización de la MO sería la principal fuente para este cultivo; debido a que la preparación del suelo previo a la plantación y las labores mecánicas durante las primeras etapas del ciclo, sumado a condiciones propicias de humedad y temperatura favorecen dicho proceso y aumentaría el aporte de N por mineralización (Echeverría; Sainz Rozas, 2015; Echeverría; Giletto, 2015). El aporte del N mineralizado se puede estimar a partir de incubaciones anaeróbicas (Nan) de muestras de suelo en laboratorio, debido a que se correlaciona estrechamente con el N potencialmente mineralizable (Echeverría *et al.*, 2000). Recientemente, Reussi Calvo *et al.* (2013a; 2013b) concluyeron que el Ni explicó el 24 y 45 % de la variación del rendimiento en trigo y maíz; respectivamente y que la incorporación del Nan mejoró la predicción del modelo a 66 y 61% para ambos cultivos; respectivamente. En papa, la contribución del Nan en la estimación del rendimiento sólo explicó el 25% de la variabilidad (Giletto *et al.*, 2016). El bajo coeficiente de determinación probablemente sea debido a una reducida variabilidad en los valores del Nan de los suelos. Por lo tanto, en este trabajo se plantea analizar la contribución del Ni y del Nan a los modelos de predicción del rendimiento y de la

respuesta al agregado de N en suelos con diferente historia agrícola y de manejo de suelo.

Para realizar un adecuado diagnóstico del estatus nitrogenado en papa es recomendable monitorear durante el ciclo con mediciones del índice verde (IV) (Booij et al., 2000). El IV es un estimador del color verde de la hoja, el cual se relaciona con su contenido de clorofila, y este a su vez con el contenido de N (Echeverría; Giletto, 2015). Recientemente Reussi Calvo et al. (2015) establecieron durante la elongación del tallo en trigo modelos para predecir la dosis óptima de N a partir de las lecturas de IV. Los antecedentes en papa, muestran que el IV ha permitido establecer umbrales de suficiencia de N en la etapa de llenado de tubérculos, pero no durante la etapa crítica de tuberización (Giletto et al. 2010). Por lo tanto, es necesario evaluar la posibilidad de establecer modelos para predecir la dosis óptima de N necesaria para alcanzar el máximo rendimiento (DON) en etapas tempranas del ciclo, en las cuales es más factible corregir la deficiencia de dicho nutriente.

Hipótesis

Para las condiciones de crecimiento del cultivo de papa para industria en el sudeste bonaerense, se plantean las siguientes hipótesis:

- La incorporación del Nan al modelo de diagnóstico basado en la determinación del Ni en preplantación mejora la predicción del: a) rendimiento y b) N acumulado en los tubérculos en los testigos sin el agregado de N.
- La incorporación del Nan al modelo de diagnóstico basado en la determinación del Ni en preplantación mejora la predicción de la respuesta en rendimiento al agregado de N.
- La dosis de N necesaria para alcanzar el máximo rendimiento (DON) se puede estimar en inicio de tuberización mediante la determinación del IV.

Objetivos

- Establecer la relación entre los indicadores de suelo (Ni y Nan) y el rendimiento del cultivo y el N acumulado en los tubérculos del cultivo.
- Establecer la DON en función de los indicadores de suelo (Ni y Nan).
- Establecer la DON a partir de las mediciones de IV en diferentes estadios.

En el presente avance se presentarán los resultados preliminares referidos al primer y tercer objetivo.

Materiales y Métodos

Se realizó una red de ensayos en 9 lotes de producción de papa en el SEB en las campañas 2015/16 y 2016/17. Previo a la plantación, se extrajeron muestras de suelo en cada lote y se determinó el contenido de MO, la concentración de Nan, de fósforo (P) y el pH a 0-20 cm de profundidad, y la concentración de N-NO₃⁻ a 0-20, 20-40 y 40-60 cm. La MO se determinó por el método de Walkley y Black (1934), el pH con un electrodo de vidrio en una suspensión con una relación de 1:2,5 suelo/agua, el contenido de P en el suelo por el método de Bray y Kurtz (1945), la concentración de N-NO₃⁻ por el método de Keeney y Nelson (1982) y el Nan por incubación anaeróbica de la muestra de suelo durante 7 días a 40°C (Echeverría et. al., 2000). A la cosecha se determinó el contenido de N-NO₃⁻ (0-20, 20-40 y 40-60 cm) (N residual). La fecha de plantación fue entre mediados de octubre y noviembre de los años 2015 y 2016. Se utilizó papa semilla certificada de similar edad fisiológica de la variedad Innovator (110-120 días de ciclo). Se utilizó riego complementario a partir de los 50 días después de plantación (DDP) y continuó hasta el final de ciclo. El manejo de las plagas y enfermedades del cultivo se realizó mediante aplicaciones de productos específicos y el control de malezas mediante métodos químicos y mecánicos. La Tabla 1 resume las características de los lotes.

Tabla 1: Características de suelo y manejo para los diferentes sitios experimentales.

Sitio	N-NO ₃ ⁻ (0-60 cm) kg ha ⁻¹	Nan (0-20 cm) --- mg kg ⁻¹ ---	P-Bray (0-20 cm)	MO g 100 g ⁻¹	pH	Plantación	Cosecha
S1	52,8	46,6	77,6	4,6	5,3	11/10/2015	23/02/2016
S2	32,2	100,1	53,6	6,5	5,8	07/10/2015	25/02/2016
S3	59,9	86,6	19,2	5,6	5,6	12/10/2015	02/03/2016
S4	37,1	52,7	16,1	5,8	5,8	13/10/2015	02/03/2016
S5	41,9	69,3	22,7	5,9	5,8	10/11/2015	16/03/2016
S6	41,5	63,7	28,6	6,2	5,4	12/10/2016	09/02/2017
S7	46,7	50,2	33,6	4,3	6,2	08/11/2016	08/03/2017
S8	46,0	74,2	37,5	5,6	5,8	28/10/2016	25/02/2017
S9	29,4	74,7	41,2	6,1	8,0	18/10/2016	15/02/2017

Se evaluaron 5 dosis de N (50, 75, 100, 150 y 200 kg de N ha⁻¹), más un testigo sin fertilización nitrogenada. La fuente de N fue urea (46-0-0) que se aplicó al voleo a la plantación y al conformar el camellón. Además, se aplicó P a la plantación de manera de que este nutriente no sea limitante. El diseño fue en bloques completos y aleatorizados con tres repeticiones. Cada unidad experimental abarcó 8 surcos, distanciados entre sí a 0,85 cm, por 5 m de longitud teniendo cada parcela una superficie de 34 m².

Durante el ciclo, se monitoreó el nivel de N en planta con el IV que se determinó con el medidor portátil de clorofila Minolta SPAD 502. Las fechas de muestreo fueron en diferentes etapas del ciclo: crecimiento vegetativo (≅40 días después de plantación,

DDP), inicio de tuberización ($\cong 60$ DDP), llenado de tubérculo ($\cong 80$ DDP) y madurez ($\cong 100$ DDP) (Westermann, 1993). A cosecha, se estimó el rendimiento de tubérculos tomando muestras de los surcos centrales de cada parcela. Una fracción de las muestras se pesó en fresco y en seco, luego de llevarse a una estufa con circulación de aire a 60°C durante una semana para determinar el contenido de materia seca por gravimetría. Se molieron las muestras secas (0,84 mm de malla) y se determinó la concentración de N (LECO, 2009). El N acumulado en los tubérculos se determinó como el producto de la concentración de N y la producción de biomasa aérea. El aporte de N proveniente de la mineralización de la MO fue estimado a partir del tratamiento testigo ($N_{\text{min}_0} = \text{NT} + \text{Nr} - \text{Ni}$). El N total acumulado (NT) fue calculado a partir del N acumulado en los tubérculos y el índice de cosecha de N (0,8). El N residual a la cosecha en las parcelas testigo (Nr) varió de 8-26 kg N ha⁻¹ en los sitios 1-5.

Para cada lote se determinó la asociación entre el rendimiento total de tubérculos y la dosis de N y se ajustaron modelos lineales cuadráticos. Se calculó la DON cuando el modelo fue significativo. Se calculó la diferencia de la dosis óptima de N (dDON) como la diferencia entre la dosis de N de cada tratamiento y la DON. Para cada lote y fecha de muestreo, se calculó el índice de suficiencia de N (ISN) como la relación entre el IV promedio de cada tratamiento y máximo IV promedio. Se determinó la relación entre el ISN y la dDON para cada fecha de muestreo y se ajustaron modelos cuadráticos. Los resultados fueron analizados utilizando el programa R (2015). Las medias de cada tratamiento fueron comparadas mediante la prueba de diferencias mínimas significativas (DMS) ($p < 0,05$) cuando el ANOVA fue significativo.

Resultados preliminares

El rendimiento total de tubérculos frescos varió de 37,9 a 72,3 Mg ha⁻¹ (Tabla 2), siendo en la mayoría de los casos superiores al rendimiento promedio para la variedad Innovator (40 Mg ha⁻¹) en lotes de producción del SEB (Caldiz, 2007). En el 55% de los sitios se determinó respuesta ($p < 0,05$) el rendimiento por efecto de la dosis de N (Tabla 2), siendo la respuesta promedio de 13,9 Mg ha⁻¹ (máximo 23,2 y mínima 4,7 Mg ha⁻¹). Las diferencias en rendimiento y respuesta al agregado de N entre sitios probablemente sean debidas a la historia agrícola del lote y de manejo del suelo que influyen en la disponibilidad de N (Zebarth *et al.*, 2012).

Tabla 2: Rendimiento de tubérculos frescos a cosecha para las distintas dosis de nitrógeno (N) en los 9 sitios.

Dosis N	Rendimiento
UNMdP PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS AGRARIAS - Área Ciencias de las Plantas y Recursos Naturales	

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
kg ha ⁻¹	----- (Mg ha ⁻¹) -----								
0	37,9 c	56,8	54,5 b	39,3 c	43,9 b	56,7	43,9	59,7	53,9 b
50	48,1 b	58,9	61,6 ab	48,6 b	64,0 a	62,4	53,9	68,4	59,0 a
75	50,6 ab	66,9	65,0 ab	53,6 a	70,3 a	64,4	49,8	68,2	61,6 a
100	58,3 a	59,8	72,3 a	56,9 a	70,7 a	64,7	53,8	64,4	59,8 a
150	56,3 a	62,4	68,8 a	56,2 a	68,6 a	63,2	50,0	68,5	58,7 a
200	46,4 b	61,8	70,9 a	52,3 ab	61,9 a	56,6	45,8	64,9	54,3 b
p-valor	0,022 ¹	0,693	0,048	<0,001	0,034	0,319	0,355	0,242	<0,001
CV	8,8	12,5	9,6	5,2	14,2	9,0	12,67	7,1	2,84
R ²	0,88	0,53	0,67	0,90	0,69	0,46	0,40	0,47	0,85

Letras distintas indican diferencias significativas según test de DMS ($p \leq 0,05$)

En la Figura 1a se presenta la relación entre el $R_{to_{ON}}$ y Ni, siendo no significativa la asociación entre dichas variables. No obstante, se determinó estrecha asociación entre el $R_{to_{ON}}$ y el Nan (Figura 1b), siendo el coeficiente de determinación del 57%. Estos resultados fueron similares a los determinados por Zebarth *et al.* (2012) y por Sharifi *et al.* (2009), quienes reportaron que el rendimiento aumentó con el contenido de MO y el N mineralizado por el suelo. Por otra parte, el $N_{tub_{ON}}$ tubo similar comportamiento que el $R_{to_{ON}}$, dado que se asoció significativamente con el Nan y no con el Ni. Para esta variable, el Nan explicó el 90% del N acumulado en los tubérculos en las parcelas testigo. En general, estos resultados difieren a los obtenidos para trigo y maíz, en los cuales, los modelos de predicción del rendimiento de los testigos incluye a ambas variables (Reussi Calvo *et al.*, 2013a; 2013b), lo cual se explicaría en parte por el alto aporte del Nan en el presente estudio.

La baja capacidad predictiva del Ni en regiones húmedas y en cultivos bajo riego, probablemente sea debido a que el N disponible a la plantación no siempre es aprovechado por el cultivo por ser susceptible a perderse por lavado a través del perfil por lluvias no predecibles en etapas tempranas del ciclo (Giletto y Echeverría, 2013; Zebarth *et al.*, 2009), lo cual se agrava en papa debido a su sistema radical superficial. Por otra parte, el rango de variación del Ni, en este trabajo, no fue muy elevado y los valores generalmente bajos (29,4 – 59,9 kg N ha⁻¹). Existen referencias que en zonas húmedas, el Ni no predice adecuadamente el N necesario para cubrir las necesidades de este nutriente en los cultivos de papa (Bélangier *et al.*, 2001), cebada y maíz (O'Halloran *et al.*, 2004). Sharifi *et al.* (2007) señaló que el Ni en regiones húmedas cambia rápidamente durante primavera, siendo un indicador adecuado sólo en zonas áridas o semiáridas. Por su parte, la mayor contribución del Nan, en el modelo de predicción del $R_{to_{ON}}$ en el cultivo de papa, podría deberse al manejo del cultivo. La papa es un cultivo estival, en el cual se emplea riego complementario. Además, se realiza un laboreo intensivo del suelo, tanto para la preparación de la cama de siembra, previo a la plantación, como para el control de malezas durante las primeras etapas del cultivo. Tales condiciones, benefician la mineralización de la MO del suelo (Echeverría; Sainz Rozas, 2015; Echeverría; Giletto, 2015). El proceso de mineralización del N orgánico del suelo durante el ciclo del cultivo es de importancia ya que puede contribuir en gran parte a la nutrición de los mismos (Echeverría *et al.*, 2000). Los resultados del presente estudio permiten inferir que el Nan contribuye a la predicción del rendimiento y N acumulado en papa.

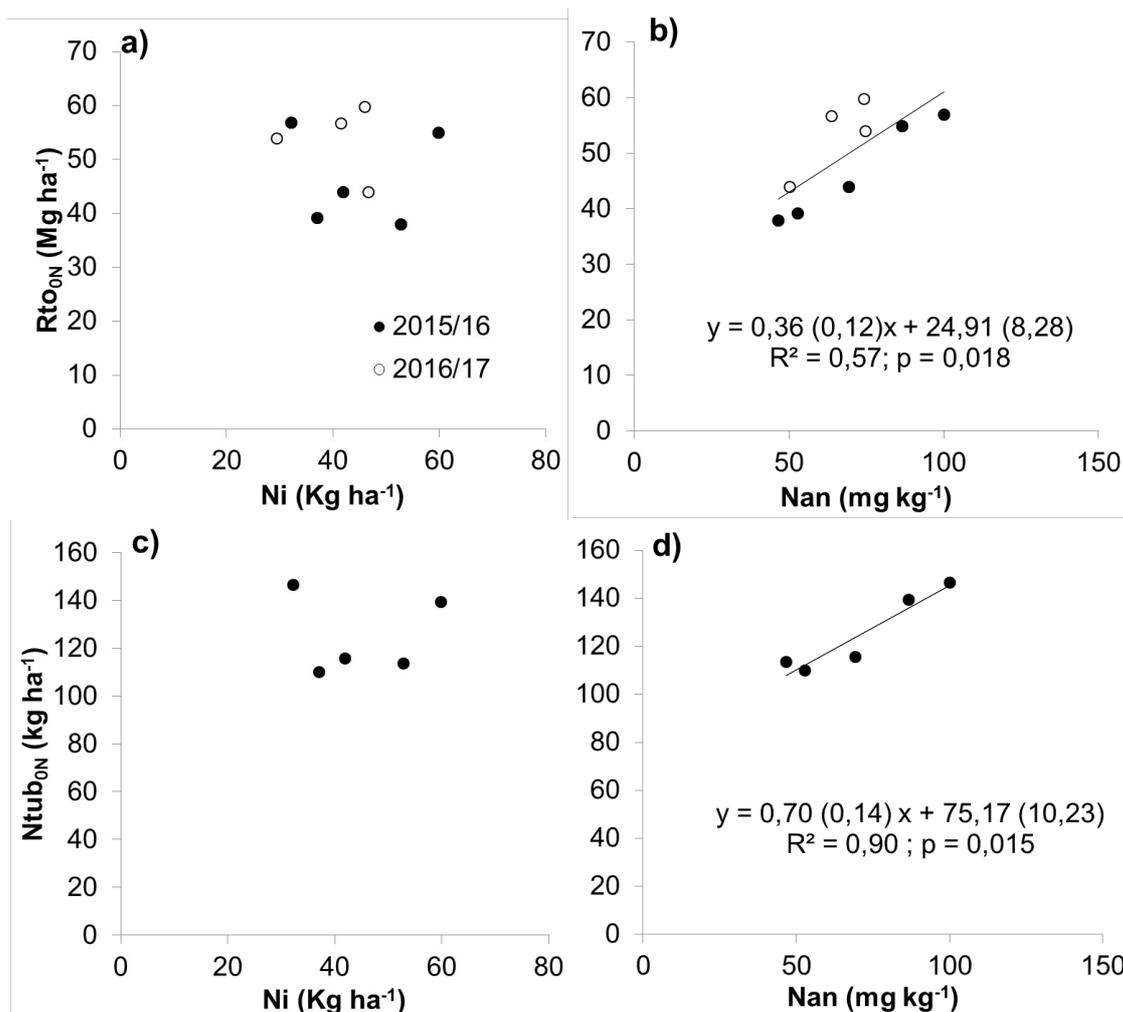


Figura 1: Rendimiento de tubérculos frescos (Rto ON) y nitrógeno acumulado en los tubérculos (Ntub ON) de los tratamientos testigos sin fertilizaren función del contenido de nitrógeno disponible como NO_3^- en el perfil del suelo (0-60 cm) (Ni), y del contenido de nitrógeno incubado en anaerobiosis (Nan) de muestras de suelo a 0-20 cm de profundidad (Nan). Los valores entre paréntesis de la función lineal corresponden al error estándar.

La determinación de la mineralización aparente en condiciones de campo ha sido propuesta como el método de referencia para evaluar distintos estimadores de dicho proceso tales como el Nan. Meisinger *et al.* (2008), recomendaron estimar el N mineralizado a partir de la cantidad de N acumulado en planta y del N mineral en el suelo al inicio y al final del ciclo de las parcelas testigo sin fertilizar (Nmin_0). En el presente estudio, se determinó estrecha asociación entre el Nmin_0 y el Nan (Figura 2), siendo el R^2 del 88%. Resultados similares fueron determinados por Egelkraut *et al.* (2003) en algodón en Estados Unidos quienes determinaron que el Nan correlacionó con el Nmin_0 ($r=0,60$). Además, Orcellet (2014) determinó en maíz que el Nan explicó el 73% de la variación del Nmin_0 , en el sudeste bonaerense. Estos resultados evidencian la posibilidad de estimar el N mineralizado durante el ciclo del cultivo en función del Nan del lote.

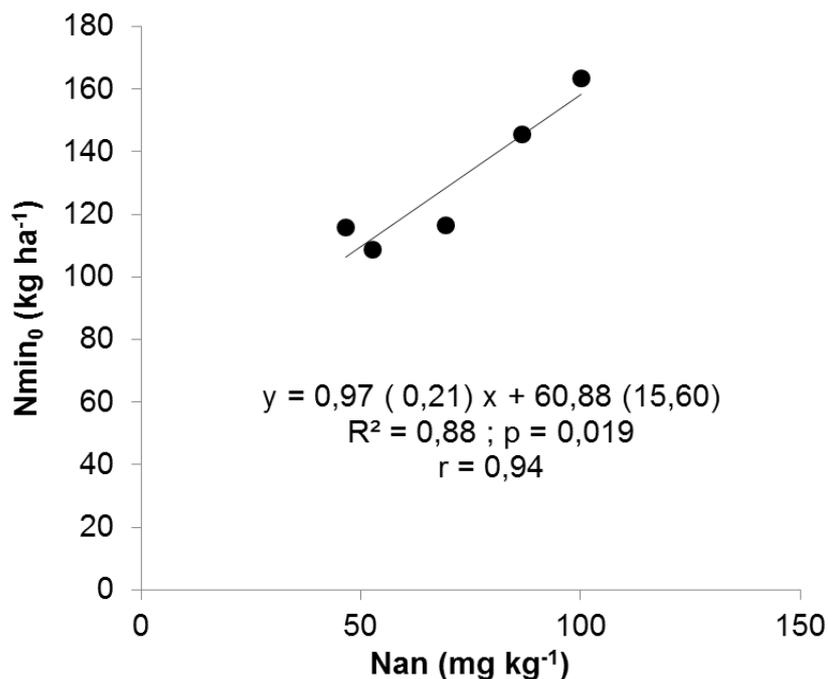


Figura 2: Nitrógeno incubado en anaerobiosis (Nan) en función del nitrógeno mineralizado a partir de la parcela testigo (Nmin₀). Los valores entre paréntesis de la función lineal corresponden al error estándar.

Al relacionar el rendimiento con la dosis de N, los modelos lineales cuadráticos fueron significativos para los sitios 1, 3, 4, 5, 6 y 9 (Tabla 3). La DON varió entre 100 a 164 kg N ha⁻¹. Estos resultados son similares a los determinados por Giletto y Echeverría (2016) para la variedad Innovator. El rendimiento máximo (RM) que se podría obtener, en función de la DON, en cada lote, varió desde 56,1 a 72,4 Mg ha⁻¹. El modelo que incluyó a todos los sitios fue significativo, pero tuvo bajo coeficiente de determinación (R²) debido a la variabilidad de los rendimientos entre sitios.

Tabla 3: Modelos de predicción del rendimiento en función a la dosis de nitrógeno (N) para cada lote. RM = rendimiento máximo; DON = dosis óptima de nitrógeno. Los valores entre paréntesis de la función lineal corresponden al error estándar de cada parámetro.

Sitio	a		b		c		RM	DON	R ²	p-valor
							Mg ha ⁻¹	kg N ha ⁻¹		
S1	-0,0014	(0,0004)	0,32	(0,09)	36,71	(4,09)	56,1	120	0,47	0,009 ¹
S2	-0,0003	(0,0005)	0,09	(0,11)	57,00	(4,81)	-	-	0,06	0,647
S3	-0,0006	0,0004	0,21	0,08	54,11	3,40	71,1	164	0,50	0,005
S4	-0,0010	(0,0001)	0,27	(0,03)	38,84	(1,36)	56,9	133	0,87	<0,001
S5	-0,0019	(0,0005)	0,45	(0,10)	44,87	(4,58)	72,4	121	0,58	0,001
S6	-0,0008	(0,0003)	0,16	(0,06)	56,55	(2,67)	64,8	101	0,36	0,034
S7	-0,0008	(0,0003)	0,16	(0,07)	44,79	(3,02)	-	-	0,29	0,076
S8	-0,0005	(0,0003)	0,12	(0,05)	60,82	(2,44)	-	-	0,26	0,103
S9	-0,0007	0,0001	0,13	0,02	54,15	0,92	60,7	100	0,76	<0,001
Todos	-0,0009	0,0002	0,21	0,05	49,75	2,26	62,7	120	0,27	<0,001

¹ significativo a $p \leq 0,05$

El IV ha sido propuesto como una herramienta complementaria a las determinaciones de suelo para monitorear el estatus nitrogenado del cultivo. No obstante, el mismo es afectado por varios factores, entre ellos, variedades, estado de crecimiento, otras deficiencias nutricionales, a parte del N, y condiciones ambientales como disponibilidad hídrica y temperatura, de manera que para minimizar esta variabilidad se recomienda la determinación del ISN (Pagani y Echeverría, 2012; Goffart *et al.*, 2008). La Figura 3 muestra el ISN en función de la dDON para los 40, 60, 80 y 100 DDP, siendo todos los modelos de regresión significativos. El umbral de respuesta varió entre 0,94 y 0,99 y disminuyó a medida que avanzó el ciclo del cultivo. A pesar de esto, el ISN presentó escasa variabilidad ante la deficiencia de N en estadios tempranos del ciclo (40 y 60 DDP). Esto estaría indicando que el ISN no fue lo suficientemente sensible para detectar dicha deficiencia durante los estadios iniciales del ciclo del cultivo.

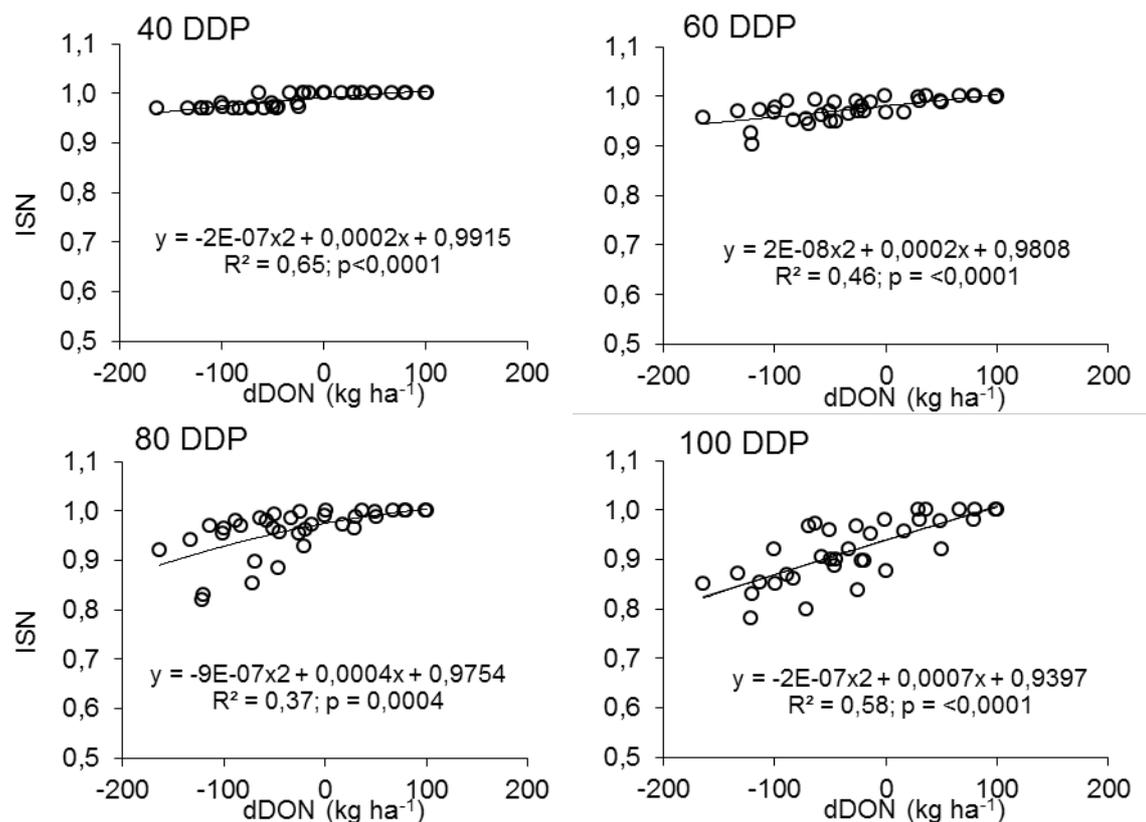


Figura 3: Índice de suficiencia de nitrógeno (ISN) en función de la diferencia entre la dosis de nitrógeno aplicada y la dosis óptima para lograr el máximo rendimiento (dDON), para las distintas fechas de muestreo. 40, 60, 80 y 100 días después de plantación (DDP). Valores negativos de dDON indican deficiencias y, positivos, excesos de N fertilizado.

Consideraciones finales

El Ni no contribuye a explicar el rendimiento ni el N acumulado en los tubérculos de los tratamientos testigo. El Nan explicó el 57 y 90% del rendimiento y el N acumulado en los tubérculos en las parcelas testigo, respectivamente; por lo que es un buen estimador del aporte de N por mineralización desde el suelo

Por otra parte el ISN permitió monitorear el nivel de N en diferentes etapas del ciclo y ante una deficiencia de N permite determinar la dosis óptima de N para alcanzar el máximo rendimiento. El ISN es más sensible en estadios avanzados del ciclo (a partir de los 80 DDP).

Bibliografía

- BARBIERI, P.A.; ECHEVERRÍA H.E.; SAINZ ROZAS, H.R. 2009. Dosis óptima económica de nitrógeno en trigo según momento de fertilización en el sudeste bonaerense. *Ciencia del Suelo* 27: 115-125.
- BÉLANGER, G.; WALSH, J.R.; RICHARDS, J.E.; MILBURN, P.H.; ZIADI, N. 2001. Predicting nitrogen fertilizer requirements of potatoes in Atlantic Canada with soil nitrate determinations. *Canadian Journal of Soil Science*. 81:535-544.

- BOOIJ, R.; VALENZUELA, J.I.; AGUILERA, C. 2000. Determination of crop nitrogen status using non-invasive methods. En: Haverkort, A.J; Mackerron, D.K.L. (eds.) Management of nitrogen and water in potato production. Wageningen Academic Publishers. Wageningen, The Netherlands. pp.72-81.
- BRAY, R.H.; KURTZ, L.T. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*. 59:39-45.
- CALDIZ, D.O. 2007. Producción, cosecha, y almacenamiento de papa en la Argentina. McCain Argentina SA, Balcarce, Argentina. 226p.
- ECHEVERRÍA, H.E.; SAINZ ROZAS, H.R. 2015. Nitrógeno. En: Echeverría H.E.; García F.O. (eds.) Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. INTA. Buenos Aires, Argentina. pp. 189-228.
- ECHEVERRÍA, H.E.; SAN MARTÍN, N.; BERGONZI, R. 2000. Métodos rápidos de estimación del nitrógeno potencialmente mineralizable en suelos. *Ciencia del Suelo*. 18:9-16
- ECHEVERRÍA, H.E.; GILETTO, C.M. 2015. Papa. En: Echeverría H.E.; García F.O. (eds.) Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. INTA. Buenos Aires, Argentina. pp. 585-608.
- EGELKRAUT, T.M.; KISSEL, D.E.; CABRERA, M.L.; ADKINS, W. 2003. Predicting N mineralized in a Georgia Coastal Plain field. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 66:1-12.
- GILETTO, C.M.; DÍAZ, C.; ECHEVERRÍA, H.E.; CALDIZ, D.O. 2010. Green Index to estimate crop nitrogen status in potato processing varieties. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 70(1): 142-149.
- GILETTO, C.M.; ECHEVERRÍA, H.E. 2013. Nitrogen balance for potato crops in the southeast pampas region, Argentina. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 95:73-86.
- GILETTO, C.M.; ECHEVERRÍA, H.E. 2016. Canopy indices to quantify the economic optimum nitrogen rate in processing potato. *American Journal Potato Research*. 93:253–263.
- GILETTO, C.M.; MATEOS INCHAUSPE, F.; REUSSI CALVO, N.I.; SILVA, S.; ECHEVERRÍA, H.E. 2016. Contribución del nitrógeno incubado en anaerobiosis al diagnóstico de N en papa. XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Río Cuarto, Córdoba.
- GOFFART, J.P.; OLIVER, M.; FRANKINET, M. 2008. Potato Crop Nitrogen Status Assessment to Improve N Fertilization Management and Efficiency: Past–Present–Future. *Potato Research*. 51:355–383.
- HYATT, C.R.; VENTEREA, R.T.; ROSEN, C.J.; MCNEARNEY, M.; WILSON, M.L.; DOLAN, M.S. 2010. Polymer-Coated Urea Maintains Potato Yields and Reduces Nitrous Oxide Emissions in a Minnesota Loamy Sand. *Soil Science Society of America Journal*. 74:419–428
- in soils. *Soil Science*. 59:39-45.
- KEENEY, D.R.; NELSON, D.W. 1982. Nitrogen inorganic forms. En: Page A.L. et al. (eds.) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, EEUU. pp 643-698.
- LECO. 2009. Organic application notes. [en línea] <<http://www.leco.com/>> [consulta: 18 octubre 2014]
- MEISINGER, J.J.; SCHEPERS, J.S.; RAUN, W.R. 2008. Crop nitrogen requirement and fertilization. In: Schepers, J.S.; Raun, W.R. (eds). *Nitrogen in Agricultural Systems Agronomy Monograph*. 49:563-612
- O'HALLORAN, I.P.; VON BERTOLDI, A.P.; PETERSON, S. 2004. Spatial variability of barley (*Hordeum vulgare*) and corn (*Zea mays* L.) yields, yield response to fertilizer N and soil N test levels. *Canadian Journal of Soil Science* 84:307–316.

- ORCELLET, J.M. 2014. Contribución del nitrógeno incubado en anaerobiosis al diagnóstico de nitrógeno en maíz. Tesis *Magister Scientiae*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Argentina. 98 p.
- PAGANI, A.; ECHEVERRÍA, H.E. 2012. Influence of sulfur deficiency on chlorophyll meter readings of corn leaves. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 175(4):604–613.
- R CORE TEAM (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- REUSSI CALVO N.I.; SAINZ ROZAS H.; ECHEVERRÍA H.E.; BERARDO A. 2013a. Contribution of anaerobiosis incubated nitrogen to the diagnosis of nitrogen status in spring wheat. *Agronomy Journal*. 105: 321-328.
- REUSSI CALVO, N.; SAINZ ROZAS, H.; BERARDO, A.; ECHEVERRÍA, H.E.; DIOVISALVI, N. 2013b. Simposio de Fertilidad. 22 y 23 de Mayo, Rosario, Santa Fé, Argentina. 269-272.
- REUSSI CALVO, N.; SAINZ ROZAS, H.; ECHEVERRÍA, H.; DIOVISALVI, N. 2015. Using Canopy Indices to Quantify the Economic Optimum Nitrogen Rate in Spring Wheat. *Agronomy Journal*. 107:459-465.
- SAINZ ROZAS, H.R.; CALVIÑO, P.; ECHEVERRÍA, H.E.; REDOLATTI, M.; BARBIERI, P. 2008. Contribution of anaerobically mineralized nitrogen to the reliability of planting or presidedress soil nitrogen test in maize. *Agronomy Journal*. 100: 1020-1025.
- SAINZ ROZAS, H.R.; CALVIÑO, P.; ECHEVERRÍA, H.E.; REDOLATTI, M.; BARBIERI, P. 2008. Contribution of anaerobically mineralized nitrogen to the reliability of planting or presidedress soil nitrogen test in maize. *Agronomy Journal*. 100: 1020-1025.
- SHARIFI, M.; ZEBARTH, B.J.; BURTON, D.L.; GRANT, C.A.; COOPER, J.M. 2007. Evaluation of some indices of potentially mineralizable nitrogen in soil. *Soil Science Society American Journal*. 71:1233–1239.
- SHARIFI, M.; ZEBARTH, B.J.; PORTER, G.A.; BURTON, D L.; GRANT; C.A. 2009. Soil mineralizable nitrogen and soil nitrogen supply under two-year potato rotations. *Plant Soil*. 320:267–279.
- WALKLEY, A.; BLACK, I.A. 1934. An Examination of Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. *Soil Science*. 37:29-37.
- WESTERMANN, D.T. 1993. Fertility Management. En: Rowe, R.C. (ed.) *Potato. Health Management*. Minnesota, USA. 9:77-86.
- ZEBARTH, B.J., ROSEN, C.J. 2007. Research Perspective on Nitrogen BMP Development for Potato. *American Journal Potato Research*. 84:3-18.
- ZEBARTH, B.J.; BELANGER, G.; CAMBOURIS, A.N.; ZIADI, N. 2012. Nitrogen fertilization strategies in relation to potato tuber yield, quality and crop N recovery. In: Zhonggi, H.; Larkin, R.; Honeycutt, W. (eds). *Sustainable potato production: global case studies*. USA. pp. 165-186.
- ZEBARTH, B.J.; DRURY, C.F.; TREMBLAY, N.; CAMBOURIS, A.N. 2009. Possibilités d'une meilleure gestion des engrais azote´ pour la culture des terres arables dans l'est du Canada: un survol. *Canadian Journal of Soil Science*. 89:113-132.

2. Principales dificultades para la ejecución del trabajo.

El trabajo se pudo ejecutar de manera satisfactoria. Si bien no se logró alcanzar la meta de 10-15 lotes de productores para realizar los ensayos durante las dos campañas, sí se pudieron realizar los ensayos en 9 lotes del sudeste bonaerense.

Esto limitó la posibilidad de encontrar un mayor rango de variabilidad tanto de Nan como de Ni. Realizar los ensayos en lotes de productores de papa para industria, permite evaluar la utilidad de los métodos de diagnóstico de N bajo situaciones reales de producción. Sin embargo, se produjeron dificultades para acceder a los lotes en algunas de las fechas de muestreo previstas, dado que hubo casos en los que se estaba aplicando riego en ese mismo día.

3. Grado de cumplimiento del proyecto original.

Queda por analizar y discutir la evolución de Ni y el Nan a lo largo del ciclo y completar el análisis de la concentración de N en las muestras de tubérculos de la campaña 2016-17.

4. Cronograma para cumplir las tareas a completar dentro del plazo (24 meses para maestría/ 12 meses para especialización).

Actividades	2017						2018		
	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Actividades académicas de postgrado		x	x	x	x				
Análisis de suelo y planta	x	x							
Análisis de los resultados	x	x	x						
Procesamiento y análisis estadístico de la información	x	x	x	x	x				
Redacción de trabajos	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Escritura Tesis	x	x	x	x	x	x	x	x	x

5. Publicaciones relacionadas con el proyecto de tesis.

GILETTO, C.M.; MATEOS INCHAUSPE, F.; REUSSI CALVO, N.I; SILVA, S.; ECHEVERRÍA, H.E. 2016. Contribución del nitrógeno incubado en anaerobiosis al diagnóstico de N en papa. XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Río Cuarto, Córdoba.

6. Grado de avance en la redacción del manuscrito de tesis/monografía

La redacción del manuscrito de la tesis cuenta con un borrador que incluye a la Introducción, Materiales y Métodos, y parte de los Resultados.