

Formas de aplicación de nitrógeno en trigo: al voleo vs incorporado

Pagnan, Luis¹; Bertram, Juan²; Sánchez, Martín²

¹INTA AER Justiniano Posse

²MAS Agroconsultores

E.mail: pagnan.luis@inta.gob.ar

Palabras clave: trigo – nitrógeno - aplicación

Introducción

En trigo el ajuste de la dosis de nitrógeno (N) condiciona el rendimiento y la calidad panadera, afectando el valor comercial de la mercadería obtenida. Sin embargo, la eficiencia de uso del N de los fertilizantes depende de la fuente, y el método y momento de aplicación. Cuando el N es incorporado, todos los fertilizantes nitrogenados presentan eficiencias de uso similares. Aplicaciones superficiales de urea o fertilizantes que la contengan pueden resultar en reducciones significativas en la eficiencia de uso por la ocurrencia de pérdidas por volatilización de amoníaco (García, F.; Reusi Calvo, N. 2014). Así, se han reportado pérdidas inferiores al 10 % del N aplicado superficialmente en el Sudeste de Buenos Aires (García y col., 1999), mientras que se determinaron pérdidas de entre el 5 y 7 % en el centro de Santa Fe (Fontanetto y col. 2001).

En el centro sudeste de la provincia de Córdoba, la aplicación de fertilizantes nitrogenados sólidos se realiza principalmente al voleo sobre la superficie del suelo y en menor proporción, incorporado en líneas a profundidades variables. Esta condición, asociado a la baja frecuencia y magnitud de las precipitaciones invernales necesarias para la incorporación del fertilizante, determina que las eficiencias de uso sean en muchos casos limitadas.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta del rendimiento del cultivo de trigo ante dosis crecientes de N bajo dos formas de aplicación, incorporado y al voleo sobre la superficie del suelo previo a la siembra.

Materiales y métodos

Se realizaron seis experimentos a campo durante cuatro años de evaluación en las localidades de La Laguna, Idiazábal, Cayuqueo y Ordoñez, provincia de Córdoba, Argentina (Cuadro 1).

Cuadro 1. Sitios experimentales

Sitio	Año	Localidad	Coordenadas	Suelo	Clase	Antecesor
LL17a	2017	La Laguna	32°45'8.19" S; 63°10'3.85" W	Haplustol entico	IIIsc	Soja de 1 ^a
LL17b	2017	La Laguna	32°45'48.06" S; 63°9'43.95" W	Haplustol entico	IIIsc	Maíz
Oz18	2018	Ordoñez	32°56'18.62" S; 62°52'39.21" W	Hapludol típico	IIc	Soja de 1 ^a
Ca19	2019	Cayuqueo	32°44'48.12" S; 63°9'52.06" W	Haplustol entico	IIIsc	Soja de 1 ^a
LL20a	2020	La Laguna	32°46'37.56" S; 63°14'56.75" W	Haplustol entico	IIIsc	Maíz
LL20b	2020	La Laguna	32°45'57.90" S; 63°15'16.00" W	Haplustol entico	IIIsc	Soja de 1 ^a

Los sitios experimentales presentaban niveles aceptables de cobertura en superficie dado a un historial de muchos años en siembra directa sin ningún tipo de labranzas, y los

ensayos se realizaron con antecesores soja y maíz. Se realizaron análisis de suelos previo a la siembra y fertilización (Cuadro 2).

Cuadro 2. Parámetros de fertilidad químicas de los suelos

Sitios	MO (%)	pH (en agua 1:2,5)	C. E. (dS m ⁻¹)	P (ppm)	N suelo (kg ha ⁻¹ , 0-60 cm)	S-SO ₄ (ppm)
LL17a	1,77	6,93	0,065	9,0	36,6	41,9
LL17b	1,86	6,31	0,065	16,2	27,0	38,4
Oz18	2,43	5,52	0,081	7,5	49,7	50,7
Ca19	2,43	5,80	0,087	24,0	65,0	15,5
LL20a	1,70	5,63	0,091	13,6	75,4	24,9
LL20b	1,73	6,14	0,080	10,9	66,5	26,0

En cada situación se establecieron cuatro o cinco niveles de N inicial, considerando la disponibilidad del suelo hasta los 0,6 m de profundidad y el N aplicado como fertilizante. Los niveles de N total disponible se ubicaron en un rango de 36 a 308 kg ha⁻¹. A su vez, se evaluaron dos formas de aplicación, al voleo sobre la superficie e incorporado en el suelo.

En todos los casos la fuente de N fue urea (46-0-0), en los tratamientos realizados al voleo se utilizó una fertilizadora marca Altina HP 3918, con distribución neumática mediante difusores ubicados sobre un botalón, garantizando una adecuada distribución espacial del fertilizante. Mientras que en los tratamientos con aplicación incorporada se utilizó una fertilizadora marca SR con cuerpos de fertilización con abre surcos de doble disco, cola de castor y ruedas tapadoras, distanciados a 0.35 m entre sí.

Se sembró con una sembradora con dosificación mecánica a chorrillo en surcos distanciados a 0.21 m (Cuadro 3).

Cuadro 3. Manejo agronómico de los sitios experimentales

Sitio	Cultivar	Fecha de siembra	Espaciamiento entre hileras (cm)	Arrancador (kg ha ⁻¹)		
				P	S	Zn
LL17a	DM Algarrobo	4/6/2017	21	19,3	13,8	1,25
LL17b	Basilio	30/5/2017	21	19,3	13,8	1,25
Oz18	DM Ceibo	16/6/2018	21	22,7	13	1,3
Ca19	Baguette 620	9/6/2019	21	17	18,3	1,25
LL20a	DM Sauce	7/6/2020	21	14,4	15,5	1
LL20b	Baguette 750	15/5/2020	21	14,4	15,5	1

El diseño empleado fue en bloques completos con dos repeticiones. La unidad experimental presentó 25 m de ancho y 400 m de largo. Las mismas se condujeron bajo un control total de malezas, plagas y enfermedades.

La cosecha se realizó en una franja central de cada parcela con una cosechadora automotriz, se determinó rendimiento en grano y posteriormente fue corregido según la humedad de comercialización (14 %). Se calculó el rendimiento relativo, siendo este la relación porcentual entre el rendimiento de cada tratamiento y el rendimiento máximo de cada experimento.

Se efectuó el análisis de cada muestra cosechada en el laboratorio de Calidad Industrial de Cereales y Oleaginosas de la EEA Marcos Juárez, donde se determinó el porcentaje de proteína.

Las variables se analizaron mediante análisis de la varianza utilizando el software estadístico Infostat (Di Rienzo, 2016). Cuando se detectaron diferencias significativas entre tratamientos se realizaron las comparaciones mediante el test LSD de Fisher.

Resultados y discusión

El tiempo entre la aplicación de la urea al voleo y la ocurrencia de la primera lluvia para la incorporación del N al suelo fue variable entre campañas, incluyendo una precipitación el

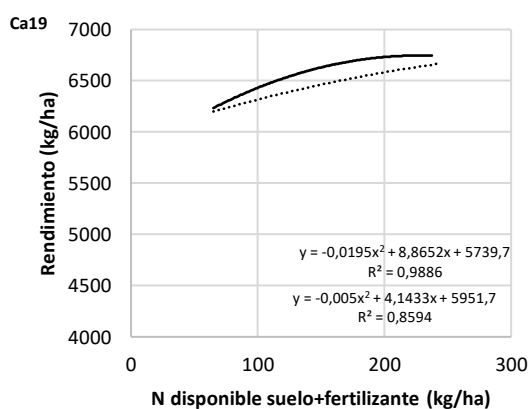
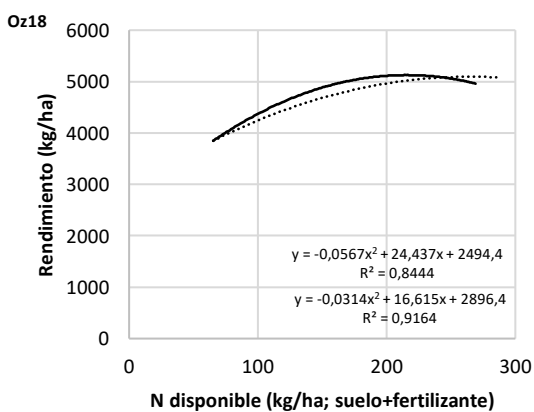
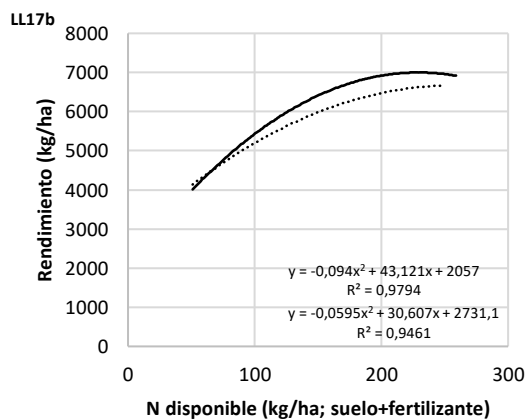
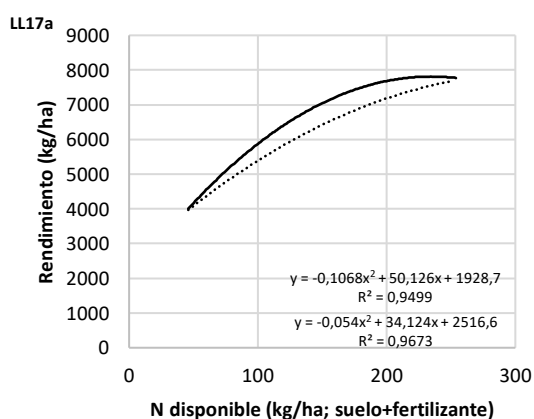
mismo día de la aplicación como en el caso de Ordoñez en la campaña 2018, hasta un máximo de 112 días en la campaña 2020 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Manejo agronómico de los sitios experimentales

Sitios	Fecha de aplicación de urea	Fecha de primera lluvia post-aplicación	Milimetraje
LL17a	30 de mayo	20 de junio	20 mm
LL17b	30 de mayo	20 de junio	20 mm
Oz18	16 de junio	16 de junio	6 mm
Ca19	8 de junio	16 de junio	16 mm
LL20a	28 de mayo	2 de septiembre	26 mm
LL20b	13 de mayo	2 de septiembre	26 mm

El rendimiento alcanzable de los ambientes evaluados varió desde niveles máximos cercanos a los 8000 kg ha⁻¹ durante la campaña 2017 hasta niveles mínimos cercados a los 2400 kg ha⁻¹ en la campaña 2020 con antecesor soja.

La respuesta del rendimiento ante el incremento en la disponibilidad de N se ajustó a una relación cuadrática en todos los experimentos realizados, excepto en el ambiente LL20a con aplicación de la urea al voleo, cuya respuesta fue lineal.



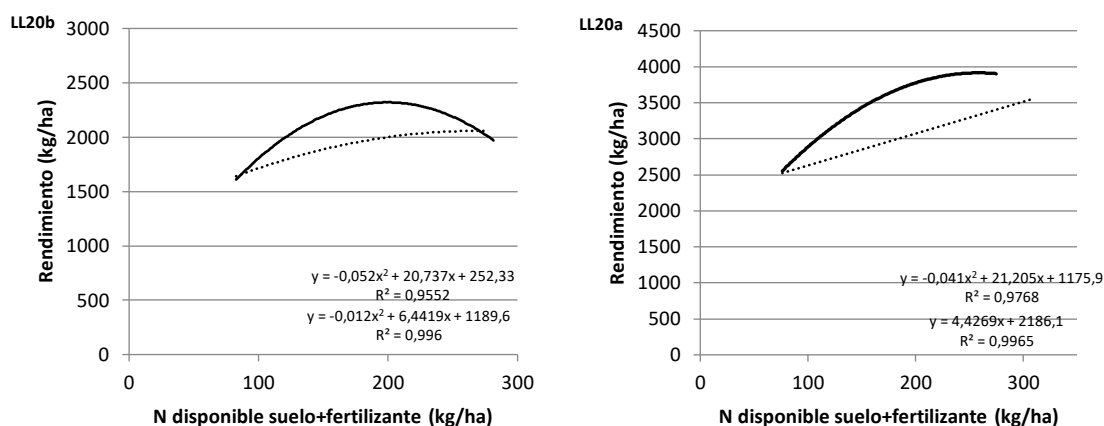


Gráfico 1. Rendimiento del cultivo de trigo en función de la disponibilidad de nitrógeno bajo dos formas de aplicación, incorporado (línea continua) y al voleo sobre le suelo (línea discontinua), en seis sitios experimentales.

La aplicación de urea en forma incorporada en el suelo logró una mayor eficiencia de uso ante disponibilidades bajas y medias de N. En este sentido, el rendimiento del cultivo de trigo fue mayor ante una misma disponibilidad de N, cuando la aplicación se realizó en forma incorporada. Ante disponibilidades altas de N, las diferencias de rendimiento entre formas de aplicación disminuyeron, alcanzando rendimientos máximos estadísticamente similares en LL17a, LL17b, Oz18 y Ca19. Sin embargo, el aporte de N necesario para alcanzarlos fue menor en aplicaciones incorporadas. Las máximas diferencias entre formas de aplicación se evidenciaron en LL20a y LL20b, a tal punto que cuando las aplicaciones se realizaron al voleo, los rendimientos máximos obtenidos fueron estadísticamente menores ($p < 0.05$) a los máximos obtenidos cuando la urea se incorporó en el suelo. Es decir, que la menor eficiencia de las aplicaciones al voleo impidió obtener los rendimientos alcanzables de estos ambientes, aún con dosis de N muy superiores a los requerimientos del cultivo para lograrlos.

El análisis conjunto de todos los experimentos a través del rendimiento relativo, permitió obtener dos modelos diferentes de respuesta del rendimiento ante el incremento en la disponibilidad de N (Gráfico 2). En este sentido, para alcanzar el 90 % de rendimiento relativo se necesitaría una disponibilidad de N suelo + fertilizante de 154 kg ha^{-1} cuando la aplicación se realiza en forma incorporada y de 206 kg ha^{-1} si la misma se realiza al voleo sobre la superficie del suelo.

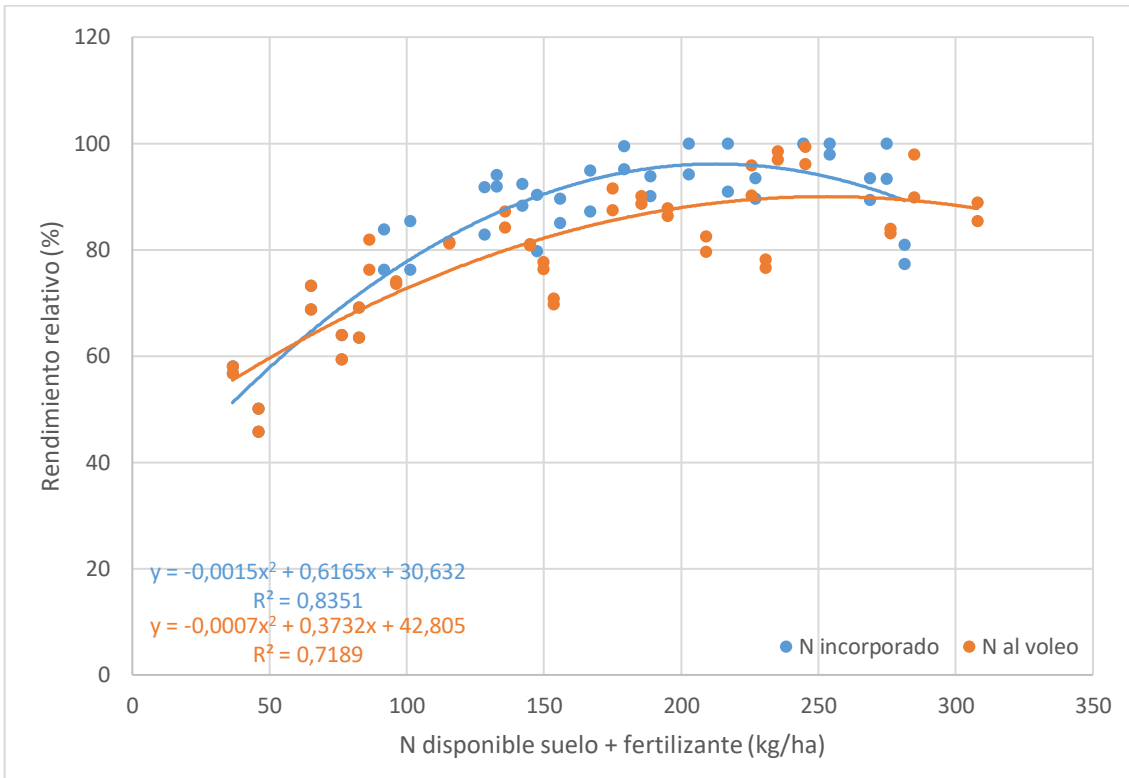


Figura 2. Rendimiento relativo en función de la disponibilidad de nitrógeno bajo dos formas de aplicación, al voleo en superficie (anaranjado) e incorporado en el suelo (azul).

Los porcentajes de proteína del grano se ubicaron en un rango de valores entre 7 y 16 %. Los mismos se asociaron positivamente al incremento en el N disponible (Gráfico 3). En este caso, no se manifestaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre formas de aplicación.

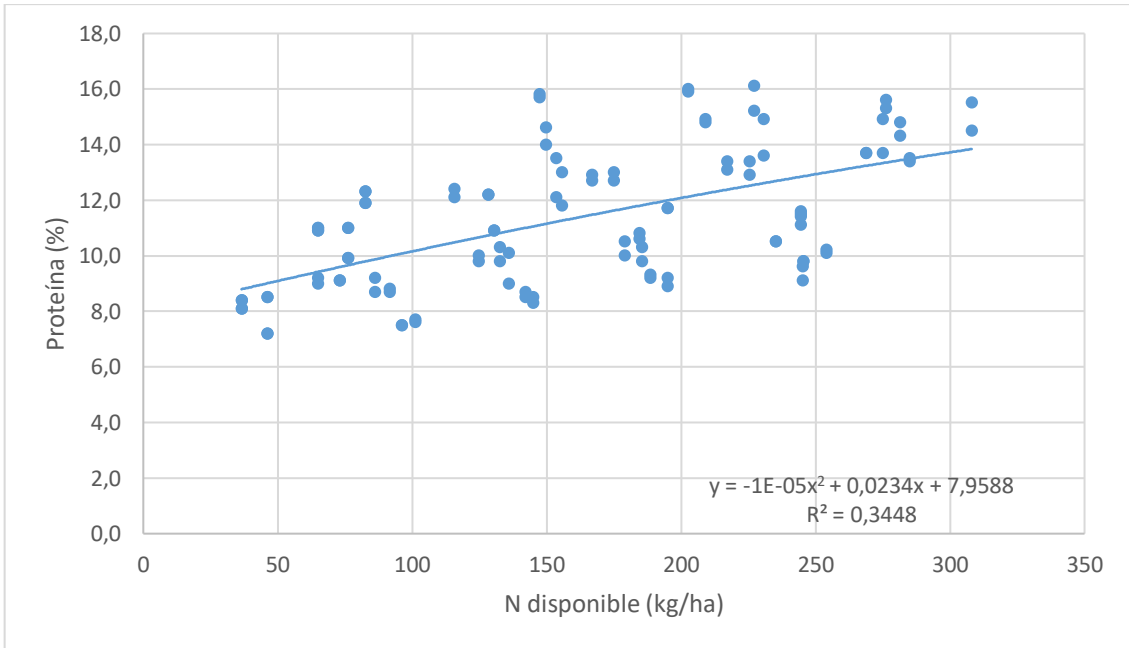


Gráfico 3. Porcentaje de proteína en función de la disponibilidad de nitrógeno bajo dos formas de aplicación.

Al analizar la relación entre el porcentaje de proteína y el N disponible por tonelada de grano producido, parámetro relacionado a la dilución del N, se encontró un grado de asociación positivo más alto. En este sentido, se obtuvieron granos con porcentajes de proteína promedio de 11, cuando la disponibilidad de N fue de alrededor de 30 kg por tonelada producida.

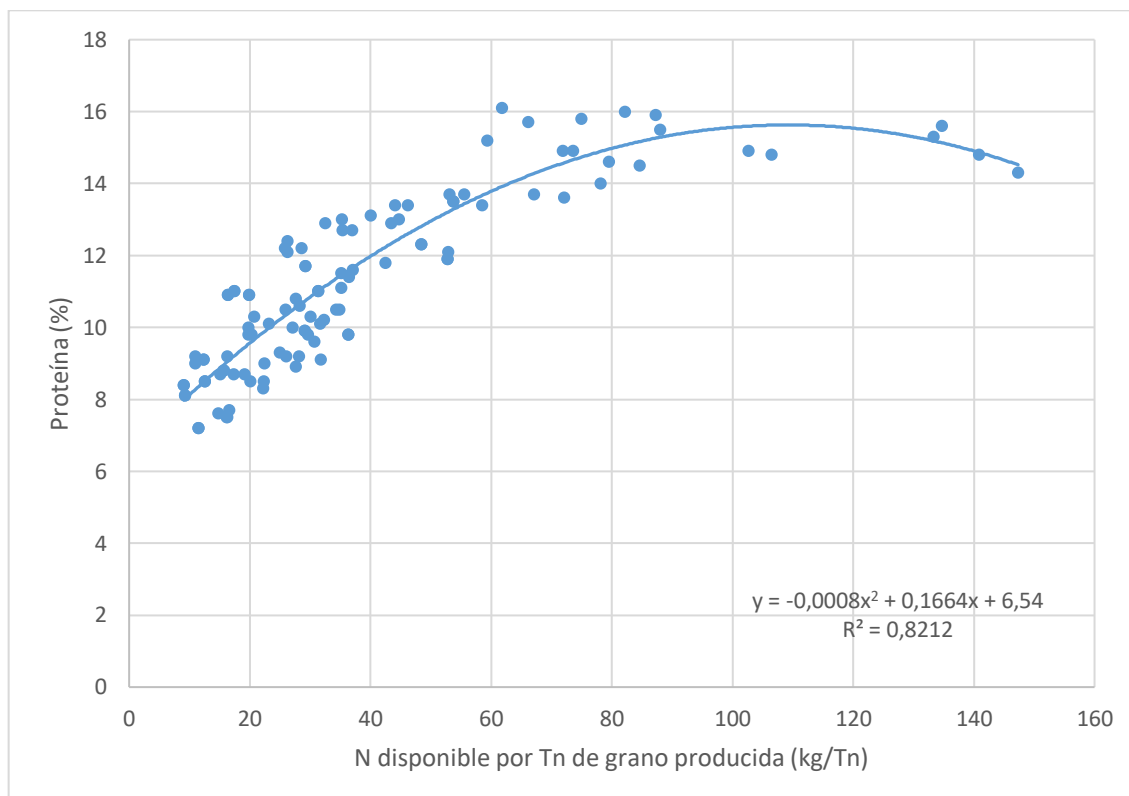


Gráfico 4. Porcentaje de proteína en función de la disponibilidad de nitrógeno por tonelada de grano producida.

Conclusión

En las condiciones ambientales de los sitios en que se realizaron estos experimentos, se evidenció que la dosis de N fue el parámetro que logró explicar en mayor medida las variaciones del rendimiento del cultivo de trigo, mientras que, la forma de aplicación lo hizo en menor proporción. Sin embargo, ante ausencia de precipitaciones posteriores a las aplicaciones de urea, la importancia de la forma de aplicación crece y puede tener un gran impacto sobre el rendimiento del cultivo.

Las aplicaciones de urea incorporada en el suelo presentaron una mayor eficiencia que las aplicaciones al voleo sobre la superficie. En este sentido, las disponibilidades de N en que el cultivo logró máximos rendimientos fueron siempre menores en aplicaciones incorporadas que cuando se aplicó al voleo.

El porcentaje de proteína se asoció positivamente a la disponibilidad de N por tonelada de grano producida, no encontrándose diferencias significativas entre formas de aplicación del N.

Bibliografía

- García F., Reusi Calvo N. 2014. Fertilización de cultivos: Trigo. En: Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Etcheverría H. E., García F. (Ed.). Ediciones INTA, Buenos Aires, pp. 401-434.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Gambaudo, S.; Fontanetto, H. 2009. Tablas de consulta para el manejo y la nutrición de suelos y cultivos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria EEA Rafaela.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 1988. Carta de suelos de la República Argentina, hoja 3363-15 Etruria.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 1978. Carta de suelos de la República Argentina, hoja 3363-16 Justiniano Posse.