

Fertilización nitrogenada en maíz y lavado de nitratos

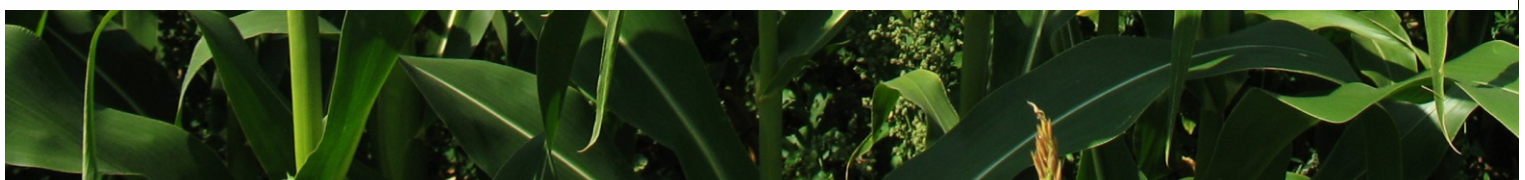
Fertilización única vs fertilización fraccionada

Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle
Agencia de Extensión Rural Valle Medio
Chacra Experimental de Luis Beltrán

Verónica Favere - *INTA - AER Valle Medio*
Nazarena Starnone - *Chacra Experimental Luis Beltrán*
Gastón Pérez - *Comisionado de la UNS*



Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle





FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN MAÍZ Y LAVADO DE NITRATOS

Fertilización única vs fertilización fraccionada

Verónica Favere – INTA-AER Valle Medio

Nazarena Starnone – Chacra Experimental Luis Beltrán

Gastón Pérez - Comisionado de la UNS

Dada la importancia del cultivo de maíz en la zona de Valle Medio, es necesario conocer que factores limitan su producción para poder lograr rendimientos elevados, cercanos al potencial de la región. En este caso, nos enfocaremos en el manejo de los nutrientes, particularmente del nitrógeno.

El nitrógeno es el más importante de los nutrientes esenciales requeridos por los cultivos. Está involucrado en el proceso de fotosíntesis, ya que forma parte de la molécula de clorofila, y es un componente esencial de las proteínas y vitaminas de las plantas. Es uno de los nutrientes que más limita el rendimiento del maíz, su deficiencia provoca reducciones severas en el crecimiento del cultivo, básicamente por una menor tasa de crecimiento y expansión foliar que reducen la captación de la radiación fotosintéticamente activa.

Los síntomas de deficiencia son un amarillamiento general del cultivo, en estadios jóvenes, mientras que en estadios más avanzados las hojas inferiores presentan amarillamiento en forma de “V” invertida desde la punta hacia la base.

La demanda de N del cultivo de maíz aumenta marcadamente a partir del estado de 5-6 hojas desarrolladas. Por esta razón, la aplicación en este estado del cultivo o inmediatamente previa ha sido reportada como la de mayor eficiencia de uso de N. Para producir una tonelada de grano, el cultivo de maíz requiere aproximadamente entre 20-25kg de N (entre 43 y 54 kg de Urea), por lo tanto, dependiendo del rinde objetivo y la disponibilidad del suelo, va a ser la cantidad de fertilizante que voy a requerir.

La principal fuente de nitrógeno para las plantas es la materia orgánica presente en el suelo, a partir de la descomposición de la misma, la planta obtiene nitratos y amonio para su crecimiento. Por otro lado, los fertilizantes nitrogenados sintéticos comprenden la otra fuente de nitrógeno, cuando la demanda de los cultivos supera la cantidad ofrecida por el suelo. Sin embargo, no todo ese nitrógeno disponible es utilizado por el cultivo, ya que existen pérdidas importantes como volatilización de amoníaco, desnitrificación y lavado o lixiviación de nitratos (además del N consumido por las malezas). En zonas de agricultura bajo riego, la que mayor impacto tiene (tanto ambiental como económico) es la pérdida por lavado.

El cultivo puede absorber nitrógeno en forma de nitrato (NO_3) o como amonio (NH_4) desde la solución del suelo, siendo la primera la forma más frecuente. El nitrógeno presente en el suelo en forma de nitrato (NO_3), al no ser retenido en el complejo de cambio, debido a su carga negativa, se mueve fácilmente a través del perfil del suelo junto con la solución del mismo. De esta manera, cuando se aplican láminas de riego excesivas, los nitratos son desplazados fuera de la zona de absorción radical, y en caso de alcanzar los acuíferos subterráneos pueden generar problemas de contaminación de napas.



La presencia de NO_3 en altas concentraciones en el agua de consumo humano, produce una enfermedad conocida como metahemoglobinemia, que se da por una transformación de la hemoglobina en metahemoglobina, esta última es un tipo de hemoglobina no funcional incapaz de transportar oxígeno.

En cuanto a los riesgos ambientales provocados por los excesos en las dosis de fertilizantes nitrogenados aplicados, podemos citar al fenómeno ocasionado por el depósito en lagunas y lagos de cantidades elevadas de nitratos, conocido como eutrofización. Como resultado de este proceso se produce una disminución del contenido de oxígeno de las aguas contaminadas, ya que el mismo es utilizado para descomponer la materia orgánica producida en exceso.

Desde el punto de vista económico, genera grandes pérdidas para el productor, ya que disminuyen las eficiencias en la utilización del fertilizante. Cuando ocurre lavado o lixiviación de nitratos, estos quedan fuera del alcance de las raíces del cultivo, lo que se traduce en pérdida de fertilizante.

Comprendiendo que el fertilizante es uno de los insumos con mayor incidencia en el costo de producción de maíz (cercano al 40%), para tratar de lograr una fertilización eficiente, debemos conocer que factores afectan el lavado y cuáles de ellos podemos manejar. Los principales son: el tipo de suelo (textura), dosis de fertilizante utilizada, momento de aplicación del fertilizante y lámina de riego aplicada pos-fertilización.

Por lo tanto, la estrategia de manejo del fertilizante debería procurar aplicar el nitrógeno en etapas en donde el cultivo comienza a consumir agua y nutrientes en forma más intensa. En el caso del maíz, a partir de V6 (6 hojas formadas) comienza una etapa de crecimiento activo y por ende esta etapa fenológica resultaría un buen momento para agregar nitrógeno. Según bibliografía, el maíz absorbe nitrógeno hasta los 15-20 días post-floración.

En planteos bajo riego, debido al mayor riesgo de lixiviación y los niveles de rendimiento esperado, es aconsejable fraccionar la dosis en dos o tres momentos, evitando aplicar laminas excesivas que promuevan el lavado de nitratos hacia horizontes más profundos. La problemática de aplicar fertilizante en estadios avanzados, radica en la imposibilidad de ingresar con la maquinaria al lote, por lo que el fertirriego surge como una alternativa posible a este problema.

Desde la Chacra Experimental de Luis Beltrán y la AER INTA Valle Medio, se realizó un ensayo donde se comparó el rendimiento de distintos híbridos comerciales de maíz con dos tratamientos diferentes de fertilización.

OBJETIVOS

- Determinar si existen diferencias significativas en el rendimiento de tres híbridos comerciales de maíz con dos tratamientos diferentes de fertilización.
- Determinar si el fraccionamiento de la dosis de nitrógeno utilizada disminuye las pérdidas de fertilizante por lavado, respecto a una única aplicación.



MATERIALES Y METODOS

Ubicación del ensayo: Chacra Experimental de Luis Beltrán

Latitud: 39°19'52''

Longitud: 65°46'23''

Cultivo antecesor: Zapallo

Fecha de siembra: 5 de Noviembre de 2015

Espaciamiento entre Hileras: 70 cm

Densidad de Siembra: 90.000 pl/ha

Plantas a Cosecha: 91.400 pl/ha

Riego: Sistema de riego por inundación. Se aplicaron un total de 6 riegos, normalmente se requiere de un mayor número de riegos pero el período estuvo acompañado de muy buenas precipitaciones lo que permitió reducir su número. Precipitaciones totales durante el ciclo del cultivo 223,6 mm.

Control de malezas: En post-emergencia temprana metolacoloro (Dual) 1l/ha + Atrazina 2 kg/ha + Glifosato 0.75 kg/ha. Luego en un estadio más avanzado (V4-V5) se aplicó Glifosato a razón de 4 l/ha.

Diseño: Se sembraron 10 surcos de 200 m de largo para cada material evaluado. Los híbridos utilizados en ambos tratamientos fueron: DK 7210 VT3P, DK 7210 RR2, DK 7010 VT3P y KM 2040.

Fertilización: A la siembra con PDA a razón de 80 kg/ha en ambos tratamientos. A lo largo del ciclo del cultivo se fertilizó de acuerdo a los diferentes **tratamientos** que se describen a continuación.

T1=Aplicación de 300 kg/ha de urea, fraccionados en 50 kg/ha (en V3), 150 kg/ha (en V6) y 100 kg/ha (en V12). Las primeras dos aplicaciones fueron con urea granulada y la última fue con urea diluida en el agua de riego.

T2=Aplicación de 300 kg/ha de urea en una única dosis, en 6 hojas (V6).

Análisis de suelo: Previo a la siembra, se realizó un análisis de suelo de una muestra compuesta a dos profundidades (0-20 y 20-40 cm), el cual fue representativo para todo el lote, sin diferenciar entre tratamientos. No se muestrearon aquellas inclusiones específicas con alto contenido de salinidad/sodicidad por no ser representativas del lote. Los análisis químicos arrojaron los siguientes resultados:



Tabla 1. Análisis de suelo

| MUESTRA PROF. (cm) | CE (uS/cm) | pH | MO (%) | N (%) | P(ppm) | K(ppm) | RAS | PSI |
|-----------------------|---------------|-----|--------|-------|--------|--------|-----|------|
| 0-20 | 970 | 7,9 | 1,65 | 0,08 | 13,2 | 97 | 9 | 11.3 |
| 20-40 | 510 | 8,2 | 0,83 | 0,04 | 11,9 | 132 | 6 | 6.8 |

Como se puede observar en la tabla este es un suelo pobre en materia orgánica y por lo tanto con bajo contenido de nitrógeno, pero rico en potasio. El fósforo presenta valores menores a 15 ppm, valor que se corresponde al nivel de suficiencia requerido por el cultivo. Por otro lado, los valores de PSI se encuentran próximos a los valores de un suelo sódico.

Lectura de calicatas: Teniendo en cuenta que las propiedades físicas del suelo pueden incidir notablemente en las pérdidas de nitratos por lavado, se realizó la apertura de dos calicatas, una por cada tratamiento, y se procedió a la interpretación textural de los distintos perfiles de las mismas.

| T1 | |
|------------------|-------------------------|
| Profundidad (cm) | Interpretación textural |
| 0-23 | Franco |
| 23-48 | Franco-arcillo-arenoso |
| 48-68 | Franco-arcillo-arenoso |
| 68-130 | Franco-arenoso |

| T2 | |
|------------------|-------------------------|
| Profundidad (cm) | Interpretación textural |
| 0-10 | Franco-arcillo-arenoso |
| 10-35 | Franco-arcillo-arenoso |
| 35-65 | Franco |
| 65-90 | Franco-arenoso |
| 90-130 | Arenoso-franco |

Suelos de origen aluvial; en ambos tratamientos los perfiles son semejantes en lo que refiere a textura. Una textura media en los horizontes superiores y textura gruesa en los horizontes más profundos. La napa freática se encuentra a 1,75 m de profundidad, con una franja de ascenso capilar de unos 60-70cm. A los 65 cm de profundidad se observó una capa de suelo fuertemente compactada.

Instalación de freáticos y toma de muestras: Para poder realizar la toma de muestras de agua de la napa freática, se instalaron dos freáticos, uno en cada tratamiento. Previo a la fertilización, se tomaron muestras en ambos sectores (Testigos) para conocer la concentración media de nitratos en la napa previa a la aplicación. Una vez realizada la fertilización y finalizado el riego se tomaron muestras en ambos tratamientos a las 12, 24 y 48 horas. El riego utilizado en los dos tratamientos fue por manto, aplicando una lámina similar en ambos casos.

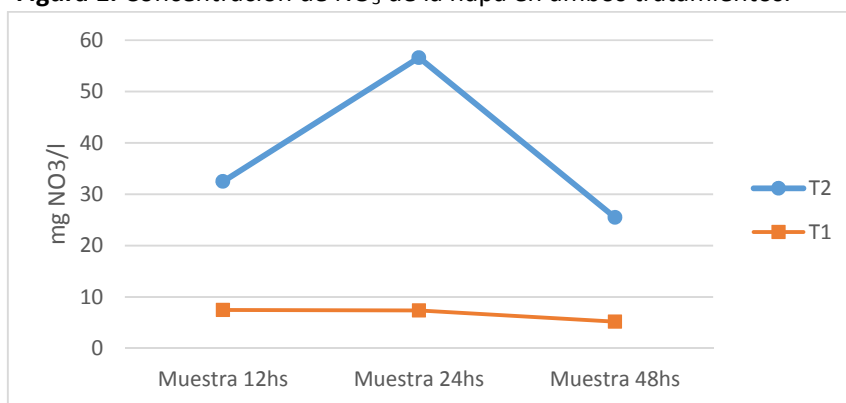


RESULTADOS

Tabla 1. Concentración de nitratos en agua freáticas en distintos momentos post fertilización.

| Muestras | Tratamiento 1 (mg NO ₃ /l) | Tratamiento 2 (mg NO ₃ /l) |
|----------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Testigo | 5,5 | 6 |
| 12 horas | 7,5 | 32,5 |
| 24 horas | 7,4 | 56,6 |
| 48 horas | 5,2 | 25,5 |

Figura 1. Concentración de NO₃ de la napa en ambos tratamientos.

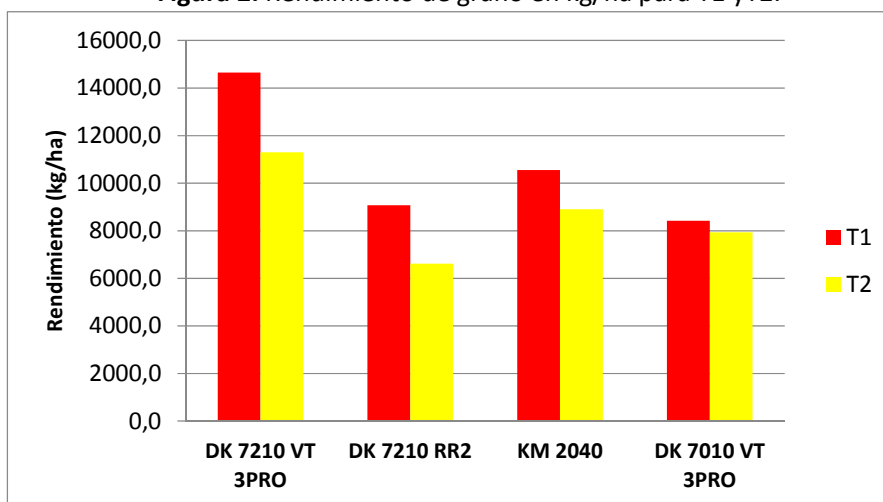


En la figura 1 se observa la influencia en la práctica de manejo de la fertilización sobre la lixiviación del nitrógeno. El manejo que fracciona la aplicación del nutriente en 3 momentos del ciclo resultó efectivo para disminuir las pérdidas y consecuentemente reducir el riesgo de contaminación de la napa. T1 no muestra variaciones significativas en el contenido de nitratos a lo largo del tiempo. La máxima concentración de nitratos en el agua se alcanza a las 24hs posteriores al riego, sugiriendo que para las condiciones del trabajo (textura del suelo, sistema de riego y dosis de N aplicado) dicho momento sería el más sensible para detectar procesos de lavado.

En cuanto al impacto, sobre aspectos relacionados a la salud humana, que una práctica de manejo inadecuada podría tener sobre el uso de los recursos naturales, vemos que en la práctica habitual de la zona, esto es aplicar altas dosis de urea en un único momento, podría afectar la calidad del agua para consumo humano. Si tomamos como valores límites 45 o 50 mgNO₃/l de agua para la International Standards for Drinking Water u la Organización Mundial de la Salud, respectivamente, observamos que en el día posterior a la aplicación podrían superarse dichos valores.



Figura 2. Rendimiento de grano en kg/ha para T1 y T2.



Los rendimientos para T2 fueron menores. Esto puede deberse a una mayor pérdida de fertilizante por lavado respecto de T1. La eficiencia de utilización de N (kg granos producidos/ kg de N aplicado) fue mayor en T1.

RECOMENDACIONES

- Fraccionando la dosis de fertilizante disminuimos la cantidad de fertilizante que se pierde por lavado, aumentando la disponibilidad para el cultivo.
- Una buena nivelación de los lotes nos permite reducir los tiempos de riego, aplicando de esta manera menores láminas de agua y disminuyendo así la pérdida de nitratos por lavado a través del perfil del suelo.
- Aplicando dosis fraccionadas se logra un beneficio ambiental, una menor contaminación por nitratos de la napa. Se aconseja no consumir agua con valores de nitratos superiores a 50 mg/l. La Organización Mundial de la Salud (OMS), así como el Código Alimentario Argentino, han establecido como límite el valor de 45 mg/l.
- El maíz aumenta el consumo de nitrógeno a partir del estado de 6 hojas, donde comienza un crecimiento exponencial. Por lo tanto para que el nutriente esté disponible en este momento de gran desarrollo la fertilización nitrogenada debe realizarse alrededor de ese estadio.
- Se debe realizar un análisis económico detallado para determinar si hay un beneficio real al realizar aplicaciones fraccionadas, ya que tenemos un gasto adicional, el costo de cada aplicación (gasoil y mano de obra principalmente).



UREA DILUIDA EN EL AGUA DE RIEGO COMO METODO DE FERTILIZACION

Conociendo la importancia de fertilizar los cultivos agrícolas y las diferentes formas que existen de realizar esta práctica, nos surge la necesidad de evaluar la eficiencia de una práctica algo común en planteos agrícolas bajo riego: la aplicación de urea diluida en el agua de riego. Sabemos que el fertilizante es uno de los insumos más costosos dentro de la estructura de costos de un cultivo, es por ello que debemos ser eficientes a la hora de fertilizar un cultivo cualquiera.

La urea es un fertilizante nitrogenado sólido, que, dada su alta solubilidad en agua, nos permite realizar este tipo de aplicaciones. Existen también fertilizantes nitrogenados que se comercializan como líquidos, como es el caso del UAN y SOLMIX que también nos permiten aplicarlos de esta manera, inclusive pulverizado o chorreado.

Las ventajas de aplicar la urea de esta manera son varias: la simplicidad, el bajo o nulo costo de aplicación, nos permite fertilizar un cultivo en estadios avanzados, cuando ya no se puede ingresar con la maquinaria al lote, entre otras. Sin embargo, para lograr buenos resultados se requiere de lotes pequeños y bien nivelados. Siendo la desventaja principal la desuniformidad en la distribución del fertilizante dentro del lote, afectada claramente por los factores antes mencionados: tamaño de lote y nivelación.

Con el fin de evaluar esta práctica, la Chacra Experimental de Luis Beltrán y la AER INTA Valle Medio, realizó una experiencia cuyos objetivos se describen a continuación.

OBJETIVOS

- Evaluar la distribución de la urea diluida en el agua de riego dentro del lote en dos tratamientos diferentes de aplicación.
- Analizar que variables afectan la uniformidad de la aplicación.



MATERIALES Y METODOS

Ubicación del ensayo: Chacra Experimental de Luis Beltrán

Latitud: 39°19'52''

Longitud: 65°46'23''

El lote tiene una superficie de 1 ha, el cual fue dividido en dos para realizar ambos tratamientos, quedando una melga de 0,5 ha para cada tratamiento (50 m de ancho por 100m de largo). El lote había sido nivelado hace un año con una pendiente de 0%. El método de riego utilizado fue por manto.

Al momento de realizar el ensayo el cultivo que se encontraba en pie era maíz, en un estadio de 12 hojas. El mismo había sido fertilizado previamente con 50 kg/ha en V3 y con 150 kg/ha en V6. La dosis a aplicar con urea diluida era de 100 kg/ha en ambos tratamientos (50 kg de urea por melga).

Antes de realizar la fertilización, en cada tratamiento, se determinó el tiempo de riego de cada melga, para de esta manera conocer el tiempo disponible para la aplicación del caldo en cada caso. Se diluyeron 50kg de urea repartidos en dos tambores, obteniendo un caldo de aproximadamente 200 litros entre ambos tambores. Para lograr el caudal necesario se utilizaron dos dosificadores.

Imagen 1. *Dosificadores ubicados en la salida del boquete*



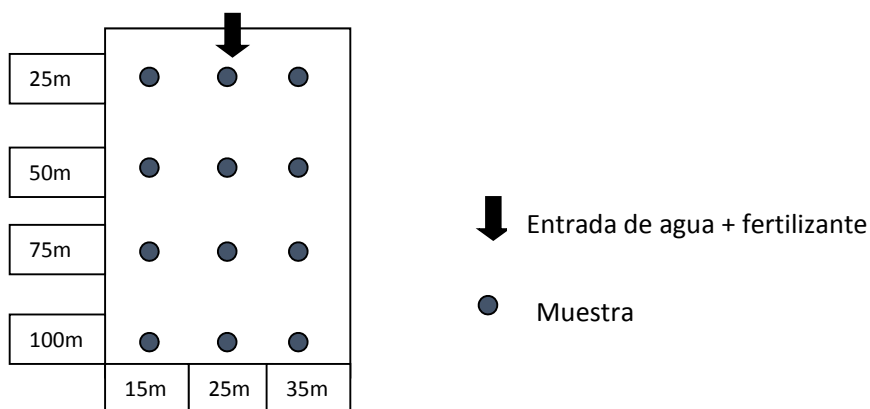


TRATAMIENTOS

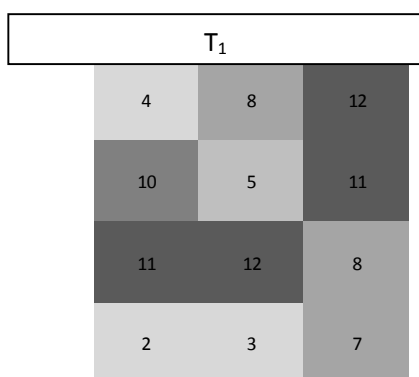
- T_0 = La fertilización inicia conjuntamente con el riego.
- T_1 = La fertilización inicia una vez que el lote presenta el 50% de la superficie regada.

TOMA DE MUESTRAS

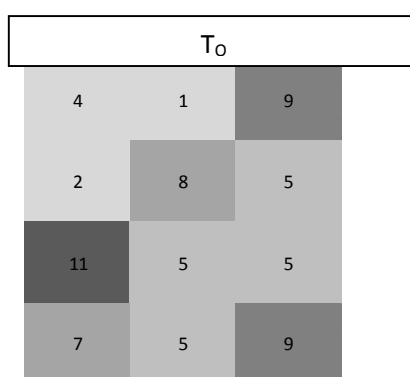
El muestreo se realizó una vez finalizado el riego. Las mismas fueron tomadas directamente de la lámina de agua aplicada, en recipientes estériles de 120 ml. Se tomaron 12 muestras en cada tratamiento, analizándose el contenido de nitratos (NO_3) por litro de agua. El diseño de muestreo fue el siguiente:



RESULTADOS Y DISCUSIONES



MEDIA=7,75
CV=44,1%



MEDIA=5,9
CV=48%

Referencias: mg NO_3 /l

| |
|-------------|
| >10,1 mg/l |
| 8,1-10 mg/l |
| 6,1-8 mg/l |
| 4,1-6 mg/l |
| <4 mg/l |



CONCLUSIONES:

- La distribución del fertilizante no fue uniforme en ninguno de los dos tratamientos. En ambos casos el coeficiente de variación respecto a la media es alto (44,1% para T_1 y 48% para T_0).
- Una de las causas principales de la mala distribución del fertilizante fue la mala nivelación del lote utilizado ya que no permitió un avance uniforme del frente de riego.
- En T_1 la concentración en el fondo del lote fue menor respecto a T_0 , acumulándose la mayor parte del fertilizante en los primeros $\frac{3}{4}$ del lote.
- Si bien es una técnica muy simple y de bajo costo, se debe seguir investigando sobre su eficiencia.

NOTA: La diferencia en la concentración promedio de cada tratamiento (7,75 mg/l vs 5,9 mg/l) se debe a que se aplicaron láminas de riego diferentes.

BIBLIOGRAFIA

- Duggan M. T. 2002. Fertilización Nitrogenada del Cultivo de Maíz. Disponible en: <http://www.profertilnutrientes.com.ar/archivos/fertilizacion-nitrogenada-del-cultivo-de-maiz>
- Colazo J. C.; Garay J. A. Marzo 2015. El Cultivo de Maíz en San Luis. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_maizensanluis.pdf
- Garcia O. F. Criterios Para el Manejo de la Fertilización Nitrogenada en Maíz.
- De Beistegui J. A. 2015. Fertilización en Maíz. CORFO. Disponible en: <http://corfo.gob.ar/wp-content/uploads/2015/12/fertilizacionmaiz.pdf>
- Perdomo C.; Barbazan M. Área de Suelos y Catedra de Fertilidad. Nitrógeno. Facultad de Agronomía, Universidad de la Republica, Montevideo, Uruguay.
- Uhart S. A.; Echeverría H. E. "El Rol del Nitrógeno del Fosforo en la Producción de maíz" Disponible en: http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDAS/dh_0032/0901b8038003272b.pdf?f
- Perdomo C. H.; Casanova O. N.; Ciganda V. S. "Contaminación de aguas subterráneas con nitratos y coliformes en el litoral sudoeste del Uruguay". Agrociencia, 2001 Vol. V N° 1 pág. 10-22
- Rimski-korsakov H.; G. Rubio; I. Pino y R. S. Lavado. "Destino del nitrógeno del fertilizante en un cultivo de maíz". Informaciones agronómicas del Cono Sur 39, 2008.

AER Valle Medio
Villa Galense 575
(8361) Luis Beltrán, Río Negro
Tel. (02946) 481126
www.facebook.com/inta.vallemedio
www.inta.gob.ar/altovalle



Ministerio de Agroindustria
Presidencia de la Nación