

Bienvenido a: "TRIGUERO".

Esta ayuda le permitirá conocer los fundamentos del programa y los usos que podrá hacer de él. Esperamos usted encuentre útil esta herramienta. Le sugerimos leerla antes de usar el programa; Puede ser impresa con cualquier programa de texto abriendo el archivo **triguero.rtf** de la carpeta de TRIGUERO. Si tiene alguna sugerencia por favor háganosla llegar. Pronto encontrará la dirección de nuestra página WEB en la página de AACREA (www.aacrea.org.ar).

Ejecutando el programa, encontrará más ayuda en los signos de interrogación rojos: "?"

- Los autores de este trabajo no se responsabilizan por la utilización de esta información, ni de ningún perjuicio directo o indirecto derivado de su uso.
- La información contenida en este trabajo puede utilizarse citando la fuente de la misma (ver créditos).

INDICE:

TRIGUERO

Uso del gráfico de "Rendimiento y Nitrógeno disponible"

Uso del gráfico de "Análisis económico"

Nitrógeno disponible: Un indicador para decidir la fertilización

TRIGUERO

TRIGUERO es un sistema interactivo diseñado para apoyar la toma de decisiones sobre el manejo de la fertilización nitrogenada del cultivo de trigo. El objetivo principal es asistir al proceso de toma de decisiones a campo, incorporando al mismo la influencia de la variabilidad climática, de suelos y de manejo. La evaluación de la tecnología a lo largo de una serie climática permite estimar la variabilidad y el riesgo o seguridad asociado a determinados manejos. Para eso este software combina algunos conceptos sobre el funcionamiento y manejo de los cultivos con el uso Modelos de Simulación Agronómica (**MSA**) en distintos escenarios. La aproximación tiene como antecedente a trabajos coordinados por el Ing. Agr. Emilio H. Satorre tales como las "Bases de decisión para la Fertilización Nitrogenada de Trigo y de Maíz (1993-1997)" y el "Plan Nacional de Trigo de AACREA (1999-2001) " cuya información y resultados fueron difundidas en formato papel por AACREA y la Cátedra de Cereales de la Facultad de Agronomía de la UBA.

Los MSA incorporan conocimiento sobre el funcionamiento de los sistemas de cultivo intentando reproducir su comportamiento a campo y permiten, como un simulador de vuelo, analizar las interacciones de un cultivo virtual con distintos

climas, suelos, genotipos y manejos. Su utilización prudente requiere de un conocimiento previo del grado de exactitud que tiene al reproducir el comportamiento real de los cultivos en escenarios similares a los que será utilizado. En el caso de los TRIGUERO **los MSA usados son previamente evaluados contrastando sus predicciones con resultados observados** en algunos los escenarios donde se lo usará (Satorre, Menéndez & Tinghitella, 2004). Sin embargo, la evaluación no es exhaustiva, **los programas contendrán un grado importante de extrapolación** (incorporan más años, manejos, suelos, localidades, etc.). Sin embargo, al ser modelos que albergan funciones robustas sobre el funcionamiento de los cultivos estas extrapolaciones a otras situaciones son más seguras que con un modelo completamente empírico (ej. una regresión). Los resultados se deben tomar como sugerencias o hipótesis de manejo razonables que pueden ser usadas para estimular el análisis de la tecnología del cultivo, contribuyendo de este modo a mejorar el proceso de decisión. Es imprescindible continuar la evaluación del comportamiento de los modelos en las distintas situaciones para agregar un mayor grado de certezas al incorporar estas herramientas a la toma de decisiones.

El nivel de **error que alcanzan estos MSA es aceptable para el diseño de estrategias de manejo**. Por ejemplo para evaluar la forma en que se manejará el cultivo en una empresa, para ayudar a pensar en cuales pueden ser las recomendaciones agronómicas en una zona, para planificar la provisión de insumos a un área, etc. En cambio, a nivel de un potrero en un año en particular el error puede ser grande y su origen radica tanto en errores internos del modelo como en la información con la que los alimentamos (datos del suelo, del clima, del genotipo, etc.). Al abarcar varias situaciones algunos de los errores se compensan y permiten que se exprese la ventaja de usar esta herramienta.

Al usar **TRIGUERO** usted no estará realizando una simulación de los cultivos sino evaluando los resultados de simulaciones armadas y revisadas previamente. Esta aproximación le permitirá incorporar el uso de MSA como una fuente más de información sin ser un experto en el uso de los mismos. Si debe conocer que **el uso de estos modelos se restringe por ahora a situaciones de cultivo sin adversidades como las malezas, las plagas, las enfermedades, granizos, anegamiento, etc** (requiere que usted mantenga en un nivel bajo la incidencia de las mismas mediante distintas prácticas) **ni limitaciones importantes de nutrientes distintos del nitrógeno** (por ejemplo requiere que usted corrija las deficiencias de fósforo cuando estas son importantes). Es decir, el universo de aplicación del modelo es el de cultivos con un buen manejo o ausencia de plagas, malezas y enfermedades y sin limitaciones de fósforo, azufre u otro nutriente. Los cultivos simulados por los MSA si, en cambio, están sujetos a restricciones por luz solar, temperatura, suelos, agua y nitrógeno; factores que habitualmente determinan el comportamiento de los cultivos a campo. **El MSA simula el cultivo hasta su madurez fisiológica y ninguno de los problemas que enfrente el cultivo para llegar a la cosecha son contemplados en los resultados simulados.**

"TRIGUERO" le ayudará a pensar las estrategias de manejo de los cultivos de trigo sembrados en varias localidades de la Región Pampeana agrupadas en cuatro zonas (Norte, Oeste, NEA y Sur) con distintas variedades, suelos y condiciones iniciales de agua en el suelo y de disponibilidad de nitrógeno. En cada uno de los escenarios, definidos por la combinación de una localidad, unidad de paisaje (tipo de suelo), variedad y agua a la siembra usted podrá visualizar el efecto de distintas disponibilidades de nitrógeno (entre 40 y 190 kg/ha) sobre el rendimiento. También el programa le permitirá hacer un análisis económico sencillo de la cantidad de fertilizante nitrogenado que debería agregar a los cultivos para maximizar los beneficios.

Para confeccionar estas curvas de respuesta del rendimiento del cultivo simulado a la disponibilidad de nitrógeno se utilizaron los datos climáticos de cada uno de los últimos treinta años (campañas 1971 a 2000) en las 21 localidades de las cuatro zonas. En cada escenario se presentan tres niveles de rendimiento:

- **50 %**: el promedio de los 30 años evaluados (Medio).
- **80 %**: el que solo se superó en uno de cada cinco años (80%).
- **20%**: el que solo fue menor en uno de cada cinco años (20%).

De esta forma el programa le permitirá evaluar su decisión con tres niveles de riesgo (Por ejemplo, los rindes presentaron en la curva de 20 % pueden ser superados en 4 de cada 5 años y, por lo tanto, un resultado inferior al presentado sólo sería probable en 1 de cada 5 años).

"TRIGUERO" fue confeccionado utilizando una versión del modelo **CERES-Wheat en la carcasa DSSAT v3.5** (Jones et al, 1998). El modelo fue evaluado sobre cultivos de trigo y mostró una aceptable capacidad de simular los rendimientos (ver arriba).

[Uso del gráfico de la relación entre "Rendimiento y Nitrógeno Disponible"](#)

"TRIGUERO" le permite evaluar gráficamente la respuesta del rendimiento al variar el nitrógeno disponible por hectárea (El nitrógeno disponible surge de sumar los kg. de N de nitratos y amonio a la siembra, o cerca de ella, en los primeros 60 cm del perfil y el agregado de N en el fertilizante, ver ayuda de **Nitrógeno disponible**) en hasta tres escenarios a la vez (cada escenario es la combinación de localidad, variedad, unidad de paisaje y agua a la siembra). Para escoger los escenarios y activarlos vaya a la pantalla **"escenarios"**. Si lo desea puede imprimir o copiar los gráficos así como editar sus títulos y el tamaño de los ejes.

Para cada localidad Ud. podrá elegir la unidad de paisaje (tipo de suelo, ver adelante) en la cual se sitúa su empresa (para una mejor ubicación de la Unidad correspondiente a la empresa oprima el botón MAPAS).

La **unidad de paisaje** está conformada por suelos parecidos que han sido asociados a una serie ya descrita y adoptan el nombre de ésta.

Además podrá elegir entre cuatro variedades de trigo: **Nidera Baguette 10, Buck Guapo, Klein Escorpión y Klein Don Enrique**.

Deberá definir el nivel de humedad del suelo a la siembra del cultivo:

-Húmedo: todo el perfil en capacidad de campo (100% agua útil).

-Moderadamente Húmedo: 100% agua útil hasta 1m de profundidad, 50% agua útil hasta 120 cm, y 30% agua útil en el resto del perfil.

-Seco: 100% agua útil hasta 45cm, 50% agua útil hasta 75 cm y 30% en el resto del perfil.

Para cada escenario seleccionado se pueden observar las respuestas para tres niveles de seguridad rendimiento apretando el botón "**elegir curvas**" y tildando las que desee ver (esta barra de elección aparece automáticamente al entrar a un gráfico). La línea del escenario medio (50%, ver arriba) indica el rendimiento medio esperado (promedio de los 30 años simulados). Las otras dos líneas representan el 80% y el 20% de probabilidad de obtener rendimientos inferiores a esos valores (que surgen de las frecuencias de resultados observadas en los 30 años). Es decir que uno de cada cinco años esperamos rendimientos superiores o inferiores a los indicados por esas dos líneas. Entonces, la banda encerrada por las líneas del 20 y el 80% incluye los posibles rendimientos que ocurrirían para cada nivel de nitrógeno en tres de cada cinco años. **Este análisis supone entonces que la variabilidad climática esperada para una campaña es la que se observó en la historia de los últimos treinta años del sitio.** El gráfico presentado es activo presentando, a la derecha del mismo, información del nivel de nitrógeno disponible y de rendimiento en donde se ubica el puntero; Al pasar por sobre una curva, el cuadro de información indicará cual es el **incremento de rendimiento por unidad de nitrógeno agregado** (pendiente) en esa porción de la "**serie señalada por el puntero**" (al hacer "clic" esta celda se pone en blanco).

Para evaluar alternativas de manejo a partir de los resultados de un escenario, o para comparar distintas alternativas de manejo, usted puede elegir cual de los tres niveles de riesgo asume para tomar decisiones. El rendimiento Medio puede ser el más adecuado para la mayor parte de las situaciones. Comparar escenarios con este nivel de riesgo significa que usted los compara por sus resultados promedio. Sin embargo, un analista conservador o dispuesto a correr bajo riesgo preferirá trabajar con la curva de 20 % (cuyo resultado es inferior sólo en 1 de cada 5 años). El análisis observando las tres curvas permite caracterizar el promedio y la variabilidad esperada de resultados. TRIGUERO provee múltiples alternativas para realizar el análisis, incorporándolas de manera flexible.

Para cada escenario activo usted puede ver, copiar y/o imprimir las ecuaciones de cada una de las curvas apretando el botón "**ver funciones**". En todos los casos se utilizó un polinomio de segundo grado (para ser utilizado en el rango de disponibilidad de nitrógeno evaluado 40 a 190 Kg. de N/ha). El primer término es el que corresponde a la ordenada al origen, el segundo término a la disponibilidad de N sin elevar (x) y el tercer término a la disponibilidad de N al cuadrado (x^2). Con estas ecuaciones usted puede, si lo desea, hacer otros cálculos o presentaciones distintas de los datos.

Uso del gráfico de "Análisis económico"

"TRIGUERO" permite explorar el nivel económicamente adecuado de fertilización para cada escenario de cultivo y nivel de riesgo que se desee tomar. En el gráfico de "Análisis económico" podrá comparar hasta tres escenarios (cada escenario es la combinación de localidad, variedad, unidad de paisaje y agua a la siembra) a la vez. Para escoger los escenarios y activarlos vaya a la pantalla "escenarios" y para escoger el nivel de riesgo apriete el botón "elegir curvas" y tilde las que desee ver (esta barra de elección aparece automáticamente al entrar a un gráfico). Si lo desea puede imprimir o copiar los gráficos así como editar sus títulos y el tamaño de los ejes.

El gráfico de "Análisis económico" muestra un análisis simple de ingreso y costo marginal. Para maximizar el beneficio económico (el dinero total que se gana) de una alternativa productiva frente al agregado de un insumo se debería alcanzar la situación en que el ingreso marginal (dinero que se obtiene de agregar una unidad más del insumo) iguale al costo marginal (costo de agregar esa unidad de insumo). Si se supera o no se alcanza ese nivel el beneficio es menor. Aunque, comúnmente cuando el nivel del insumo es menor se gana más por unidad de insumo agregado, los costos ya incurridos se diluyen al máximo posible cuando se alcanza el nivel de máximo beneficio económico para el insumo que se esta variando.

La disponibilidad de nitrógeno que maximiza el beneficio económico es la alcanzada cuando el ingreso marginal por el grano vendido se hace igual al costo marginal del nitrógeno agregado. Para cada nivel de nitrógeno disponible el "Ingreso marginal" obtenido al aumentar en 1 kg. el mismo surge de multiplicar el aumento de rendimiento del cultivo (pendiente de las curvas de rendimiento y nitrógeno disponible) por el "precio neto del grano" que usted considere (el precio neto que usted recibe). El **costo marginal** es el costo de agregar un Kg. de nitrógeno disponible (constante para este análisis). Para realizar este cálculo, usted debe ingresar el "**Costo del nitrógeno**" – kg. de nitrógeno elemento- que surge del precio del fertilizante puesto en la tolva de la fertilizadora. Para este análisis no se ha considerado un costo adicional por aplicación, porque se supone que ya se ha decidido fertilizar y solo le resta decidir la dosis a aplicar. Apretando el botón "**Costo del nitrógeno**" encontrará un asistente para calcular el costo de la unidad de nitrógeno partiendo de la concentración del nutriente que tiene el fertilizante que usted agrega.

En la ventana a la derecha del gráfico se observa, de acuerdo a la ubicación del puntero, el nivel de nitrógeno disponible, el de ingreso o costo marginal y, al pasar por sobre una curva, el "**margen respecto de la situación de referencia**", es decir el resultado de la fertilización respecto de la situación de referencia establecida. Para cada escenario y nivel de riesgo, ese margen es la suma de todos los ingresos menos los costos marginales desde una situación de "**Nitrógeno disponible de referencia**" hasta la disponibilidad de nitrógeno en la que se halla el puntero. La situación de referencia es una disponibilidad de

nitrógeno que usted considera mínima o apropiada para el planteo. En **"Nitrógeno disponible de referencia"** debe ingresar ese valor, que puede surgir de sumar el nitrógeno mineral del suelo medido a la siembra más la fertilización que usted haya decidido (apretando el botón **"Ndisp de referencia"** encontrará un asistente para hacer este cálculo, **TRIGUERO** admite disponibilidades entre 40 y 190 Kg de N). Mientras el ingreso marginal supere al costo marginal, agregar nitrógeno aumenta el "Margen respecto de la situación de referencia". Como al aumentar el fertilizante los ingresos marginales decrecen (por la menor respuesta en rendimiento), el crecimiento del margen es cada vez menor y cuando el costo marginal supera al ingreso marginal el margen decrece. La magnitud del margen respecto de la situación de referencia es otro elemento de ayuda para decidir la conveniencia de modificar su decisión en los casos que llegar a él implique costos adicionales; así por ejemplo, si en la situación de referencia podía fertilizar con la sembradora y para alcanzar el nivel óptimo tiene que usar además una fertilizadora, debe comparar el margen respecto de ese costo adicional. Si el margen es menor posiblemente deba conformarse con el máximo nivel que puede poner en la sembradora y ver la magnitud del margen generado respecto de la dosis que usted había supuesto inicialmente.

El análisis económico de **"TRIGUERO"** permite comparar alternativas o evaluar una decisión con distinto nivel de riesgo. Al igual que cuando se analiza el gráfico de "Rendimiento y nitrógeno disponible" en la mayor parte de los casos conviene comparar alternativas con el escenario medio y usar las otras curvas para cuantificar la variabilidad esperable en el resultado. Una vez que se determina el nivel de nitrógeno que maximiza el beneficio de la curva media, donde se cruza con el costo marginal, si se coloca el puntero sobre la curva se sabrá cual es el margen respecto de la situación de referencia, y se lo coloca en el mismo nivel de nitrógeno sobre las curvas del 20% y del 80% se verá el margen mínimo que se obtendría en cuatro de cinco años y el que solo se supera en uno de cinco años respectivamente.

Nitrógeno disponible: Un indicador para decidir la fertilización

La disponibilidad de nitrógeno es un indicador utilizado para explorar la respuesta a este nutriente por los cultivos. El mismo se obtiene de la suma entre la cantidad presente a la siembra de nitrógeno mineral (nitratos y amonio) en los primeros 60 cm de suelo y el que se agrega en el fertilizante (cualquiera sea la fuente) durante la etapa vegetativa del cultivo (hasta 2 hojas).

Nitrógeno disponible (kg/ha) = N mineral suelo (kg/ha) + N fertilizante (kg/ha)

Un ejemplo de cálculo en tres pasos:

- (1) Cálculo de los Kg de N mineral en los primeros 60 cm del suelo*
- (2) Cálculo de los Kg de N en el fertilizante agregado*
- (3) Cálculo de los Kg de N disponible*

Apretando el botón de "**Ndisp de referencia**" encontrará también un asistente para hacer este cálculo de nitrógeno disponible.

(1) "*Cálculo de los Kg de N mineral en los primeros 60 cm del suelo*":

Usted dispone de un análisis de suelo cercano al momento de la siembra del trigo que le informa que la "Concentración de nitratos en el suelo [NO₃]" es de:

00-20 cm: 60 ppm (partes por millón)

20-40 cm: 30 ppm

40-60 cm: 15 ppm

- Cada parte de nitrato tiene aproximadamente " 0.225 partes de N ".
- La densidad aparente del suelo es de aproximadamente " 1.300 kg/m³ " (es decir que un tanque de 1000 litros de suelo pesa 1.300 kg). Este dato varia con el tipo de suelo.
- Entonces, para calcular la cantidad de Kg. de nitrógeno en el suelo en "una hectárea" cada " 20 cm " (0.2m) de profundidad se multiplica: Superficie X Profundidad X Densidad aparente X concentración de N en el nitrato (0,225) X Concentración de nitratos en el suelo [NO₃] X 1/1.000.000 (para llevar las ppm a partes por uno)

Kg.N/ha en 20 cm = $10.000 \text{ m}^2 \times 0,2\text{m} \times 1.300 \text{ kg/m}^3 \times 0,225 \times [\text{NO}_3] \times 1/1.000.000$

00-20 cm: 35.0 kg./ha

20-40 cm: 17.5 kg./ha

40-60 cm: 8.7 kg./ha

Entonces en los primeros 60 cm del suelo habría cerca de 61 Kg/ha de nitrógeno mineral (eventualmente, también habría que sumar la cantidad de N como amonio. Para simplificar en el ejemplo solo usamos nitratos porque es la forma más frecuente de N en el suelo)

(2) "*Cálculo de los kg de N agregados en el fertilizante* ":

Si a la siembra se agregó 50 kg de Fosfato diamónico (FDA) y 100 kg de UREA por hectárea como fertilizantes:

N en FDA = $50 \text{ kg} \times 18\%$ (concentración de N en este fertilizante) = 9 kg.

N en UREA = $100 \text{ kg} \times 46\%$ (concentración de N en este fertilizante) = 46 kg.

Total agregado en fertilizante: 55 Kg/ha

(3) "*Cálculo de los kg de N disponibles*":

Nitrógeno disponible = N mineral suelo + N en fertilizante

Nitrógeno disponible = 61 kg/ha + 51 kg/ha = 112 Kg/ha

Buenos Aires, 2 de Mayo de 2005