



DOSIS VARIABLE (VRT) DE FERTILIZANTES SOLIDOS EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZUCAR 2015. TUCUMAN - ARGENTINA.

Rodriguez R.¹; Sopena R.¹; Vicini L.¹; Morales G.¹; Puzitanelli M.²; Juarez E.²; Miraglio W.³

¹EAA INTA Famaillá –Tucumán-Arg.

²Asoc. Coop. INTA Famaillá-Tuc.-Arg.

³Verion ICSA -CABA

rodriguez.ricardo@inta.gob.ar

INTRODUCCION

El cultivo de caña de azúcar en la provincia de Tucumán, tiene antecedentes desde la época colonial a la fecha, llegando a ocupar en la actualidad, una superficie aproximada de 275.000has en base a sensoramientos remotos. El procesamiento de la caña de Azúcar, genera una agroindustria con fuentes genuinas de trabajos en formas directas e indirectas, de aproximadamente 50.000 puestos laborales al año, lo cual posiciona a dicho cultivo en esta provincia, entre las cadenas de valor, como la de mayor importancia socio-cultural-y económica. En cuanto al cultivo, como todos, el comportamiento y su potencial fenológico (expresado en rendimiento cultural/ha), se encuentra influenciado por las modificaciones u oferta de recursos del ambiente más el genotipo cultivado y pueden o no manifestar su potencial máximo de rendimiento, que en términos generales, en la provincia de Tucumán, oscilaría entre las 75 a 80 toneladas/ha. Esta respuesta del potencial se encuentra directamente influenciada por varios factores, entre los cuáles podemos citar, a la competencia entre el cultivo y las malezas, momento oportuno y dosis de la fertilización nitrogenada y/o fosfatada, labores culturales en la trocha minimizando la compactación por tránsito ocurrido durante la cosecha mecánica, entre otras labores culturales y variables.

Haciendo hincapié en una de las variables, como es la fertilización, específicamente la nitrogenada, la misma es de vital importancia para el cultivo ya que permite la expansión foliar, el desarrollo y crecimiento vegetativo de tallos, contribuyendo directamente a la generación del rendimiento cultural. En base a diferentes estudios, se determinó que el momento oportuno de la fertilización nitrogenada en la provincia, corresponden entre las fechas del 15 de octubre al 15 de noviembre respectivamente, ya que es el momento de máxima respuesta y que se correlaciona con los mejores rindes en la cosecha del año siguiente. En cuanto a la dosis correspondiente de nitrógeno o producto comercial, principalmente urea por surco; (surco=línea de 100 metros, distancia a 1,60mts de su paralela) se determina en base a tres parámetros principales, como es la oferta de nutrientes del suelo, la edad y potencial de rendimiento del cultivo. Refiriéndonos específicamente a la eficiencia de fertilización (condicionada por dosis y momento oportuno), dicha labor se realiza de manera uniforme dentro cada lote o tablón y la variabilidad natural o adquirida de la fertilidad del suelo y/o en la productividad del sitio, causa que las dosis aplicadas de esta manera, sean excesivas o insuficientes, reduciendo la eficiencia de aplicación como la eficiencia del producto aplicado. Es por ello que la nutrición eficiente es vital, para garantizar los rendimientos y a la vez promover la sostenibilidad del recurso suelo, para los siguientes ciclos productivos.

La fertilización es el eje del manejo agronómico. Está experimentalmente establecido en todas las regiones productoras de caña de azúcar del mundo, que el nitrógeno es el nutrimento central de la fertilización. En Argentina este concepto se había extremado al punto de usar solo nitrógeno (Urea), pero actualmente se vienen tomando en cuenta programas nutricionales basados en las reales necesidades de cada lote y sobre los conceptos de una fertilización balanceada. Si bien, tradicionalmente se usa la Urea, también existen alternativas como nitrato de amonio calcáreo, UAN y otras mezclas físicas (**Pérez Zamora, F. 2009**). En cuanto a otras fuentes de origen natural, se encuentran los bio-fertilizantes, que son aplicados vía foliar, aunque las síntesis nitrogenadas sólidas e

incorporadas en la costilla del surco, siguen siendo las más usadas por el productor cañero de la provincia de Tucumán. **(Romero, E. et al. 2009)**. Con respecto a la variabilidad natural intra lote en dicho cultivo, existen antecedentes de la variación de los rendimientos culturales correlacionados al suelo y sus diversos ambientes. **(Vicini, L. 1997)**, con lo cual a través de este antecedente, se podría pensar en realizar un manejo por ambientes dentro cada lote. Aplicando distintas técnicas agrícolas como la agricultura de precisión (A.P.), se puede lograr la mejor expresión del cultivo con un uso eficiente de los recursos y la preservación de los mismos en términos ambientales **(Bragachini, M. et al. 2010)**.

Con respecto a la dosis variable de fertilizantes, si bien los antecedentes en cultivos extensivos (granos), hacen referencia a muchos parámetros de importancia para determinar la dosis óptima, como, antecedentes e información del lote, rendimiento en kg/ha o en qq/ha, tipo de suelo y características físico-químicas que lo componen. En el caso del cultivo de Caña de Azúcar es importante tener en cuenta la fisiología del mismo y las interferencias que causan una variabilidad de tipo temporal, para poder definir su dosis óptima. Si bien, sobre este cultivo, existen experiencias locales y regionales para determinar variabilidad espacial a través de imágenes multiespectrales midiendo NDVI, las mismas permitieron conocer y ajustar algunos manejos de prácticas culturales por ambientes. **(Kemerer, A. y Melchiori, R. 2010)**. Existen trabajos exploratorios desde la EEA INTA Famaillá (Programa Nacional de A.P. de INTA) con respecto a otras alternativas o fuentes de información para determinar variabilidades como imágenes satelitales, sensores de NDVI activos y pasivos tanto en máquinas pulverizadoras como tractores, aviones no tripulados, drones, donde todavía se siguen investigando y calibrando valores y momentos de mediciones oportunos para la utilización de esta información en el manejo por ambiente de la labor de fertilización. Es por ello que utilizando el concepto y las bondades de la Dosis Variable (vrt), se podría utilizar este instrumento de A.P., tomando como lote a todo el campo y como ambientes a cada tablón comercial, ya que cada uno de ellos necesitaría una dosis de fertilización diferenciada. Actualmente y sin conocer el rendimiento cultural en detalle en forma espacial, las dosis se determina con los parámetros antes descriptos y cada ambiente/tablón comercial, llevando en sí misma, una dosis de fertilización única. Esta modalidad en el uso del instrumental bajo el concepto de vrt por ambientes, reduciría en primera instancia los tiempos de calibraciones y traslados, siendo eficiente en cuanto a la dosis correcta, respetando el medio ambiente y a la vez obtener la mayor capacidad operativa dentro de los tiempos determinados para dicha labor, logrando con ello un control de gestión más adecuado para el productor, ya que la caña de azúcar es un cultivo donde la AP tiene grandes oportunidades, reduciendo los costos significativos de insumos agroquímicos y de mecanización, logrando aumentar su productividad eficientemente.

OBJETIVOS

OBJETIVO PRINCIPAL

El objetivo principal de la experiencia, es validar en condiciones de lotes comerciales y/o tablones, el uso de esta herramienta de A.P. como el dosificador variable (vrt) con fertilizantes sólidos nitrogenados (urea) y las ventajas que traería aparejada en términos de sustentabilidad y sostenibilidad del sistema productivo.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1-Determinar en términos relativos, los tiempos operativos por unidad de superficie del ensayo en la tarea de fertilización con la VRT vs. Sistema de fertilización convencional (dosificador con engranaje) con un equipo abonador de 4 paquetes de discos por surco.

2-Determinar a través del CV% las unidades del producto comercial aplicadas realmente por surco en cada lote con las dosis prescritas y calibradas con anterioridad vs. el método de aplicación convencional.

3-Determinar la compatibilización de un gps de mano, el Microsoft excell y un software gratuito de uso público para la generación de un mapa de prescripción y determinar su aplicación y vinculación con el software Agromapa para la aplicación de VRT en fertilizantes sólidos.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se desarrolló en el campo experimental de la Estación Experimental Agropecuaria I.N.T.A. Famaillá, ubicado en los 27°01'03.22" de latitud Sur y 65°22'46.67" de longitud Oeste, en la localidad de Famaillá-Tucumán, específicamente en los lotes 2,2 (4,18has, lote chico)-2,3 (8,44has, lote del medio) y 7,2 (9,74has, lote lumbreras) con la variedad de Caña de Azúcar LCP 85-384 soca 3 (**Figura n°1**). Durante el ensayo se utilizó un Tractor Massey Ferguson modelo MF7015 año 2015, de 150 CV, un equipo abonador Audi de un Surco con 4 paquetes de discos escotados de 26 pulgadas de diámetro, con dosificador "tipo rodillo acanalado" comandado por un cilindro hidráulico y engranajes, con respecto a la tolva, la misma se encontraba adaptada con capacidad de carga de 350kg del producto comercial Urea (**Figura n°2**).

La base de la información georreferenciada del campo, fue un excell (.txt) donde figuraban únicamente los vértices de cada lote (proporcionada por el SIG INTA Famaillá) que transformado en extensión genérica (.shp) (**Figura n°3**) a través de un software gratuito CASE IH AFS versión 5.54.0004, que también se utilizó para confeccionar la prescripción con la dosis correspondiente de producto comercial en kg/ha para cada tratamiento, generando un archivo de extensión (.RAR) compatible con el software agromapas 3.45 de la firma Verion ICESA, que para poder actuar como VRT modelo VEK56-3P con antena de 10Hz, glonass activo sin costo de señal y error máximo de 10 cm entre pasadas (**Figura n°4**), luego fue necesario transformar la extensión anterior en (.vri) para ingresar al software, una vez interpretado el mapa de aplicación para dosis variable, se obtuvo el producto final o mapa final con extensión (.bmp) el cuál fue leído y comandado a través de la consola Vcom 5.6 de la misma firma (**Figura n°5**).

En cuanto al diseño del ensayo, los tratamientos fueron por duplicado (**Figura n°6**).

Tratamiento VRT en 20 líneas	Tratamiento convencional en 20 líneas
Lote chico dosis Urea 4kg/s=248kg/ha	Lote chico dosis Urea 4kg/s
Lote del medio dosis Urea 3,5kg/s=217kg/ha	Lote del medio dosis Urea 3,5kg/s
Lote lumbreras dosis Urea 3kg/s=186kg/ha	Lote lumbreras dosis Urea 3kg/s

Durante el mismo se midieron los tiempos operativos en minutos, en el caso del uso de vrt total (tres lotes) y en el caso del tratamiento convencional se tomó cada uno de los tres lotes y el tiempo de calibración del equipo abonador (**Figuras n°7, 8, 9 y 10**), como así también, por otro lado se determinó del CV% entre dosis prescritas pasadas en balanza de precisión para cada tratamiento expresadas en gramos.



Figura n°1



Figura n°2

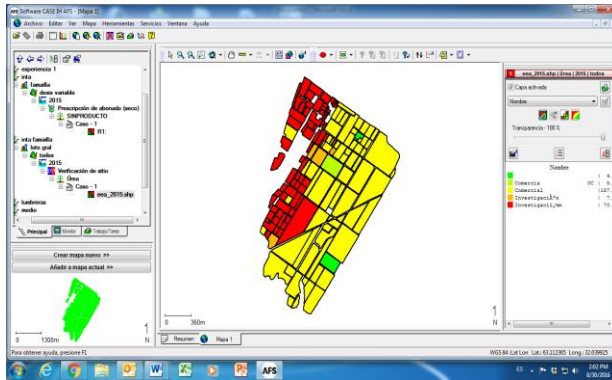


Figura n°3



Figura n°4



Figura n°5

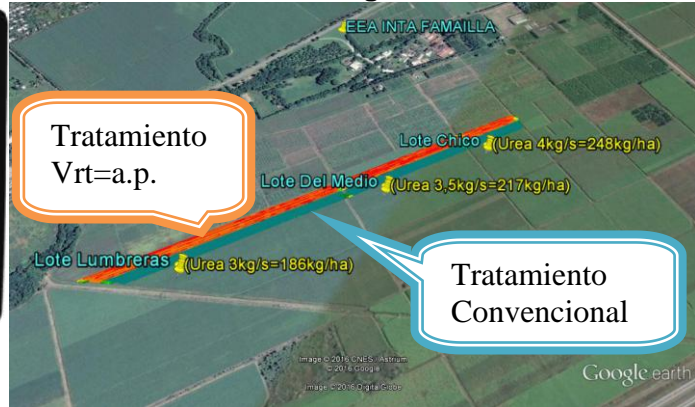


Figura n°6

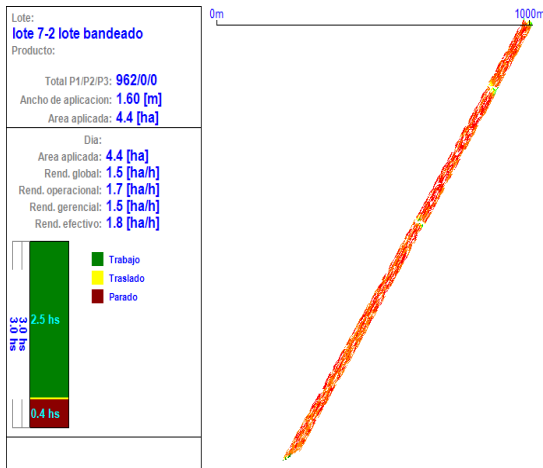


Figura n°7 (vrt=a.p.)

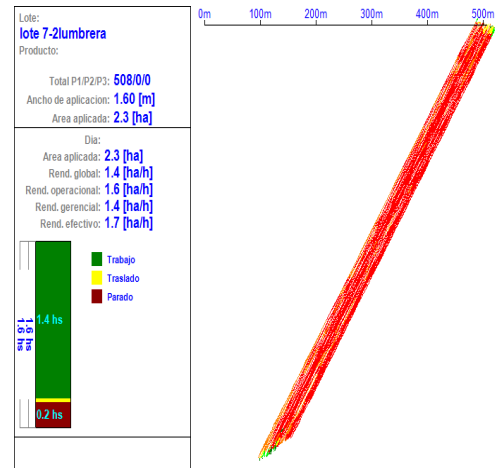


Figura n°8 (convencional Lumberas)

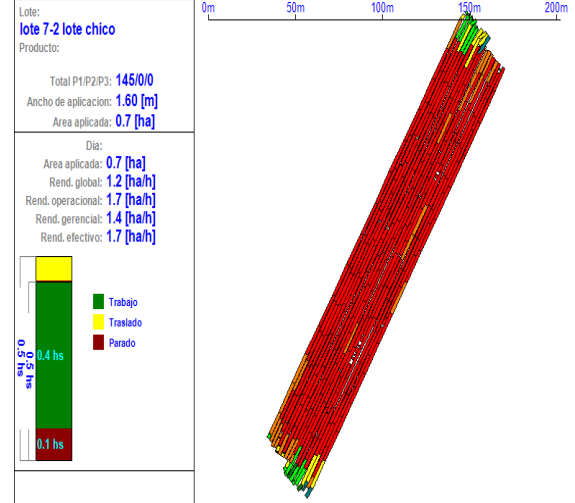
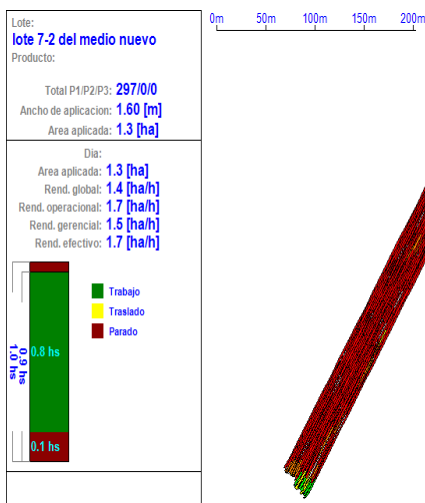


Figura n° 9 (convencional Del Medio)

Figura n° 10 (convencional Chico)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con respecto a los datos recolectados, se muestran en la **Tabla n°1** (Tiempos Operativos en minutos de cada tratamiento, vrt=a.p. vs. Convencional).

Tabla n°1: Tiempos Operativos en minutos de cada tratamiento, vrt=a.p. vs. Convencional.

tiempos en minutos	vrt=a.p.	Convencional			tpo.total convencional
	Lumbreras/ Del Medio/Chico	Lumbrera	Del Medio	Chico	
tpo.operat. Efectivo	163	85	57	36	178
tpo de carga urea	19	10	9	6	25
tpo. Calibración	10	35	38	33	106
tpo.total	193	130	104	75	309

Los tiempos operativos efectivos en minutos tanto con vrt vs. Convencional, fueron con diferencias de baja significancia en cuanto al trabajo dentro del lote en idénticas superficies, con respecto al tiempo de carga. La diferencia se debió a que en el tratamiento de vrt se tomó el tiempo de carga al inicio del mismo, es decir, una carga inicial vs. Convencional, donde fueron tres cargas iniciales para cada tratamiento. En cuanto al tiempo de calibración de vrt (mecanismo automático) se calibra una vez al día vs. el convencional, donde se realiza un ajuste del deflector de regulación de descarga a la salida del dosificador, recorriendo cien metros hasta llegar a la dosis determinada y donde generalmente se realizan tres repeticiones. La diferencia en el tiempo de calibración para cada dosis fue altamente significativa, con un tiempo del 1.060% mayor en el sistema convencional. Con respecto al tiempo total para fertilizar los tres lotes con una metodología vs la otra, el uso de vrt=a.p. tuvo una eficiencia del 48% en ahorro de tiempo total en aplicación. Es importante remarcar que durante el ensayo, no se tuvo en cuenta, que bajo el método convencional, se calibra una dosis y se aplica a todos los lotes con la misma, con lo que conlleva a un recorrido en vacío desde un lote a otro de acuerdo a la escala de la finca y así con las siguientes dosis hasta completar el plan de fertilización del campo en general.

En la tabla siguiente (**Tabla n° 2**), se muestra que al analizar el tiempo operativo Efectivo, el mismo se desdobra en Tiempo Operativo en surco, es decir, trabajando dentro del lote y el Tiempo Operativo en cabecera, que son los tiempos en vacíos, entre los tratamiento y parciales dentro del mismo.

Tabla n° 2: Análisis del tiempo operativo efectivo.

Tiempo en minutos	vrt=a.p.	Convencional			Tpo. Total
	Lumbreras/ Del Medio/ Chico	Lumbreras	Del Medio	Chico	
Tiempo operativo efectivo	163	85	57	36	178
Tiempo operativo en surco	150,28	83,21	49	24,87	157,08
Tiempo operativo en cabecera	12,72	1,79	8	11,13	20,92

De la misma, se observa una eficiencia de trabajo real del **92%** de vrt=a.p. vs el tratamiento convencional que fue de **88,24%**, con respecto a las eficiencias parciales dentro del tratamiento convencional, las mismas fueron del 97,89% en el lote Lumbreras, 85,96% Del Medio y 69,08% en el Chico.

Por otro lado, se pesaron en balanza digital las unidades del producto comercial aplicadas realmente en kg/surco a cada lote y cada tratamiento, usando vrt=a.p. vs el método convencional, como se muestra en la **Tabla n°3**.

Tabla n°3. Variaciones de pesos de cada tratamiento vs la dosis determinada de aplicación.

Dosis Determinada	Dosis aplicada vrt=a.p.	CV% (1)	Dosis aplicada	CV% (2)
-------------------	-------------------------	---------	----------------	---------

			Convencional	
3	3,12	4	3,37	12,33
3,5	3,36	4	3,12	10,85
4	3,87	3,25	4,22	5,5

CV%(1) – Coeficiente de variación en %, de la dosis aplicada vrt=a.p. en relación a la dosis determinada

CV%(2) –Coeficiente de variación en %, de la dosis aplicada por sistema convencional, en relación a la dosis determinada

Las menores variaciones de las dosis que se registran a través del uso de la vrt=a.p. son cercanas a las determinadas, con lo cual la eficiencia en la aplicación del producto es elevada, en contraparte, las variación de aplicación usando la metodología convencional, al tratarse de dosis intermedias como 3,5kg urea/surco y dosis bajas de 3 kg urea/surco, las variaciones fueron altamente significativas, de manera positiva o negativa, pero con un grado de error mayor, lo que lleva a deducir un notorio déficit y/o exceso con respecto a la dosis determinada, lo cual repercute de manera negativa, no solo en el potencial de rendimiento del cultivo, sino también en los costos económicos y de impacto ambiental.

CONCLUSIONES

En términos relativos, podemos deducir de dicha experiencia, que los tiempos operativos por unidad de superficie entre los tratamientos de fertilización con la VRT vs. Sistema de fertilización convencional, el uso de la tecnología de Agricultura de Precisión manifestó, una eficiencia de ahorro en tiempo total de aproximadamente un 48%, y dentro del mismo, el tiempo en vacío o traslado de la fertilizadora en cabeceras, fue de un 39,2% menor que el tiempo erogado en cabeceras del tratamiento convencional, es decir, trabajando de la manera convencional, se fertilizaron 520 surcos diarios (Jornal 8hs), usando la A.P. con VRT se llegó a fertilizar 727 surcos, donde se alcanzaría a duplicar la cantidad de surcos fertilizados, en el caso de trabajar con abonadoras de dos surcos, como es la tendencia actual, logrando reducir notablemente los tiempos de aplicación de estos productos, de manera oportuna dentro del calendario de la nombrada labor .

En cuanto al CV% de los pesos de Urea en kg/surco usando vrt=a.p. vs el sistema convencional para las 3 dosis determinadas, en el primer caso, con el uso de los instrumentos de A.P., las dosis fueron eficientes y cercanas a las prescritas y/o determinadas. Utilizando la aplicación de manera convencional, las dosis analizadas fueron con un grado de variación mayor al 10%, tanto en dosis de 3 y 3,5 kg/surco de urea, representando en el caso de la primera dosis, una sobre aplicación a la definida de 22,93kg/ha de Urea, aumentando los costos de producción, que en base al precio actual del kg de urea, sería de una erogación de dinero de \$150,12/ha, como así también el impacto de la contaminación ambiental (En cuanto a lixiviación y volatilización del nitrógeno). Con respecto a la segunda dosis de 3,5kg/surco de Urea, se observó un déficit de aplicación con respecto a lo planteado, de alrededor de 23,56kg/ha, de lo cual se deduce en base a antecedentes de dosis deficitarias, que dicho cultivo expresaría su potencial, pero siempre por debajo del rendimiento cultural estimado usando la dosis de fertilización correcta o prescrita.

Este trabajo, permitió demostrar, que con instrumentos de agricultura de precisión, como un GPS de mano, manejo de planillas Excel, un software gratuito de uso público, se llegó a generar un mapa de prescripción de dosis variable con dicho fertilizante sólido , donde, a través de cambios en las extensiones de los archivos, permitió ingresar a un sistema cerrado y vincular lo propuesto, generando datos valiosos dentro de la nube de información proporcionada por el software, que resultó amigable con la tecnología, ya que no demandó de conocimientos específicos para su uso, brindando además una serie de identificaciones relevantes, como fallas y sobre aplicaciones, velocidades, capacidad efectivas de trabajos y rendimientos gerenciales en gráficos/mapas, que sirvieron para desarrollar la eficiencia tanto operativa, ambiental, de gestión empresarial y control durante la labor, para el productor cañero.

BIBLIOGRAFÍA

- Bragachini, M., Méndez, A., Scarmuzza, F., Vélez, J. y Villaroel, D. (Manejo de Cultivos por Ambiente), Evolución de la Dosis Variable en Argentina 2010.
- Kemerer, A., Melchiori, R., Albarenque, S. 2010 (Utilización de fotografías aéreas multiespectrales para la caracterizar la variabilidad espacial en la producción de caña de azúcar).
- Pérez Zamora, F. (La Fertilización en cultivos regionales) Fertilizar, vol.13 del año 2009.
- Romero, E., Digonzelli, P., Scandaliaris, J. (Manual del Cañero año 2009), ISBN 978-987-21283-7-1
- Vicini, Luís. (Determinación de la Variación del rendimiento cultural en Caña de Azúcar. Tucumán-Argentina, posicionada con GPS) Actualización Técnica n° 8- Junio 2007. Proyecto Nacional de Agricultura de Precisión de INTA.