

## Identificación de los factores más influyentes en la respuesta a la maduración química en caña de azúcar en Tucumán, Argentina

María Fernanda Leggio Neme\*, Luis G. Alonso\*, Sofía Fajre\*, Pablo E. Fernández González\* y Eduardo R. Romero\*

### RESUMEN

La efectividad de los madurantes depende de las características ecológicas de cada región cañera, del producto elegido, de la época y de las dosis utilizadas, entre otros factores, además de las condiciones meteorológicas reinantes antes de la aplicación, de las condiciones entre la aplicación y la cosecha, y de la calidad de la propia aplicación, razones por las que esta tecnología debe ser ajustada para cada situación. En las condiciones de Tucumán se encontraron las mejores respuestas con tratamientos realizados al final del "Período de Gran Crecimiento" (mediados de marzo - mediados de abril), fase caracterizada por tasas de crecimiento decrecientes y maduración no muy avanzada. El objetivo de este trabajo fue identificar los factores ambientales y de manejo que mayor influencia tienen sobre la respuesta de la caña a los tratamientos de maduración química. Se trabajó sobre 26 ensayos realizados en ocho años sobre distintas variedades comerciales y diferentes localidades, productos, dosis y momentos de aplicación. Los análisis de calidad permitieron determinar las respuestas a los tratamientos y, posteriormente, identificar variables causales que influyen sobre una variable dependiente. Los resultados obtenidos indicaron que el factor más influyente en el resultado final es la época de aplicación expresada a través de la temperatura media post aplicación. Debido a que la eficiencia agronómica de un madurante depende de las condiciones ambientales, estos resultados permiten explicar en gran medida la variabilidad observada en las respuestas entre diferentes años.

**Palabras clave:** calidad de materia prima, maduradores, temperatura.

### ABSTRACT

#### Identification of the most influential factors in the response to chemical ripeners in sugar cane in Tucumán, Argentina

The effect of chemical ripeners depends on the ecological characteristics of each sugarcane region, the chemical chosen product, time and dose used. There is a marked influence of the prevailing weather conditions before and between the spray of the ripener and the harvest, the spray quality and other factors that creates the need for local adjustment of this technology. In local conditions, best responses were found with treatments carried out at the end of the "Grand Growth Phase" (mid-March-mid-April), characterized by decreasing growth rates and not very significant ripening. The objective of this work was to identify the environmental and management factors that have the greatest influence on sugarcane response to chemical maturation treatments and quantify the magnitude of their effects. 26 trials were conducted in eight years, on different commercial varieties, locations, products, doses and time of application. Feedstock quality analysis determined responses to treatments and, subsequently, identify causal variables that influence a dependent variable. The obtained results indicated that the most influential factor in the final result was the time of application expressed through the average temperature after application. As the agronomic efficiency of a ripener depends on environmental conditions, these results allow to explain, to a large extent, the observed variability in responses between different years.

**Key words:** sugarcane quality, ripener, temperature.

*Fecha de recepción: 18/01/2019 - Fecha de aceptación: 26/08/2019*

---

\*Sección Caña de azúcar. EEAOC [fleggio@eeaoc.org.ar](mailto:fleggio@eeaoc.org.ar)

## INTRODUCCIÓN

A través de la incorporación de innovaciones tecnológicas, en los últimos años la actividad azucarera de Tucumán ha sufrido un proceso de transformación que ha permitido alcanzar aumentos significativos en la producción de caña y azúcar por unidad de superficie. Sin embargo es necesario optimizar aun más algunos aspectos del manejo del cultivo, entre ellos la mejora de la calidad de la materia prima (mayor recuperación de azúcar), donde el proceso de maduración juega un rol determinante.

La acumulación de azúcar en los tallos es un proceso complejo y progresivo que deriva del balance entre la producción de azúcares a través de la actividad fotosintética, y su consumo mediante la actividad respiratoria para el mantenimiento y la formación de órganos y tejidos (Romero *et al.*, 1996).

La cantidad de sacarosa almacenada en los tallos maduros representa entre 40% y 55% de la materia seca, con variaciones de acuerdo con el genotipo, la edad de la cepa, la influencia de los factores ambientales y el manejo suministrado (Rufino *et al.*, 2001).

Para la maduración natural de la caña de azúcar (abril-junio), las condiciones ambientales de Tucumán no resultan óptimas por la baja amplitud térmica, baja heliofanía, y alta humedad ambiente y edáfica, además de presentar elevada variabilidad entre años. Asimismo, la probabilidad de heladas de intensidad moderada a severa es alta, especialmente durante junio y julio (Romero *et al.*, 2017).

La zafra se inicia frecuentemente entre fines de mayo e inicios de junio, para finalizar entre fines de octubre y mediados de noviembre, con una duración media de 150-170 días y marcadas variaciones entre años. A esto se suma una mayor concentración de la molienda en julio, agosto y setiembre, situación que con frecuencia provoca la extensión excesiva de la cosecha. Sin dudas, anticipar la fecha de arranque de la cosecha adquiere significación al minimizar los efectos negativos de las heladas, disminuir las pérdidas de azúcar asociadas a la demora de la cosecha y evitar los efectos negativos del corte tardío de los cañaverales. Existen tecnologías que permiten adelantar la ocurrencia de la maduración; entre ellas, el agregado de productos químicos es la herramienta más efectiva disponible y, por lo tanto, la más utilizada a nivel mundial (Romero *et al.*, 2017).

Los madurantes o maduradores son productos químicos -en su mayoría herbicidas del grupo de los reguladores del crecimiento- que, inhibiendo la elongación de los tallos sin afectar severamente la fotosíntesis, favorecen la acumulación de azúcar, actuando generalmente a nivel enzimático (Caputo, 2006). Para

Lavanholi *et al.* (2002) y Almeida *et al.* (2003), los maduradores son capaces de modificar la morfología y la fisiología de la planta, ocasionando modificaciones cualitativas y cuantitativas en la producción. Estos cambios se ocasionan por la reducción del crecimiento de la planta y el aumento del contenido de sacarosa, lo que anticipa la maduración e incrementa la producción de azúcar (Silva and Caputo, 2012). Además, favorece una adecuada acumulación de sacarosa en los entrenudos apicales (normalmente inmaduros) y provoca el desecamiento temprano del follaje, lo que permite efectuar un despuntado más alto (mayor producción cultural) y disminuir el contenido de materias extrañas que llega a fábrica (menos trash), mejorando la eficiencia global de la cosecha y la calidad de la materia prima (Leite, 2005; Leggio Neme *et al.*, 2009).

En nuestras condiciones se encontraron las mejores respuestas con tratamientos realizados al final del "Período de Gran Crecimiento" (mediados de marzo a mediados de abril), fase caracterizada por tasas de crecimiento decrecientes con un estado de maduración no muy avanzado. En cambio, en los tratamientos que se realizan entre fines de abril e inicios de mayo esta respuesta disminuye. El efecto de la aplicación del madurador es más intenso cuando las condiciones ambientales no son favorables para la maduración natural del cañaveral (Rufino *et al.*, 2001; Leggio Neme *et al.*, 2013).

En Tucumán, la EEAOC difundió el uso del glifosato (no registrado como madurador) en 1997, luego de realizar 50 ensayos y ajustar su manejo, recomendándolo sobre todo en variedades de maduración temprana. Posteriormente, en el año 2000, tras 20 ensayos y otras tantas experiencias a escala comercial se promovió el fluazifop-p-butyl con importantes resultados, fundamentalmente en variedades de maduración intermedia (Romero *et al.*, 2001). Sin embargo, este producto desapareció del mercado unos años más tarde y buscando una alternativa para reemplazarlo, en el año 2005 se difundió el cletodim, luego de ser evaluado durante seis años (Leggio Neme *et al.*, 2005). En el año 2011 reapareció el fluazifop (único producto registrado como madurador en Argentina) con una nueva formulación, y volvió a ocupar el lugar del madurante más usado en la provincia.

La efectividad de los madurantes debe ser ajustada para cada situación, ya que depende de las características ecológicas de cada región cañera, del producto elegido, de la época, de la dosis utilizada, de las variedades disponibles, de la capacidad productiva, del manejo del cañaveral, de las condiciones meteorológicas reinantes antes de la aplicación y entre esta y la cosecha, y de la calidad de la aplicación (Leite, 2005).

El propósito de este trabajo fue identificar los

factores ambientales y de manejo que mayor influencia tienen sobre la respuesta de la caña a los tratamientos de maduración química.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se trabajó con datos obtenidos de 26 ensayos realizados entre los años 2000 y 2007 sobre las cuatro variedades de caña de azúcar más cultivadas en ese momento en el área cañera de Tucumán (LCP 85-384, TUCCP 77-42, CP 65-357 y RA 87-3). Las variedades ensayadas son de reconocida respuesta a los maduradores ya difundidos en la provincia (glifosato y fluzifop-p-butil). Los ensayos fueron establecidos sobre cañaverales comerciales, en edades de soca 1 y 2 pertenecientes a empresas privadas. Se seleccionaron lotes de buen nivel de crecimiento y con poblaciones homogéneas de tallos molibles a los que se les suministró un manejo agronómico adecuado: control de malezas, fertilización nitrogenada oportuna y en dosis recomendadas, sin evidencias de estrés hídrico severo ni de efectos de plagas o enfermedades. Se trabajó sobre un diseño experimental totalmente aleatorizado en parcelas subdivididas con dos réplicas, con la “variedad” como factor principal y los “tratamientos” (época de aplicación, productos y dosis) como factor secundario.

Se consideraron tres épocas de aplicación: temprana (desde fines de marzo a mediados de abril), intermedia (desde mediados a fines de abril) y tardía (desde principio a mediados de mayo).

Las unidades experimentales estuvieron constituidas por seis surcos de 25 m de longitud, distanciados a 1,6 m (superficie efectiva de 240 m<sup>2</sup>).

Hasta el año 2005 inclusive, los tratamientos fueron aplicados con un equipo experimental que consistía en una mochila a motor, con una barra que pulverizaba dos surcos a la vez, con una descarga promedio de 30 cc/segundo. A partir de 2006, esta mochila fue reemplazada por una de presión constante (anhídrido carbónico), lo que permitió mejorar la calidad de la aplicación.

Dentro de los productos químicos utilizados como maduradores se utilizaron glifosato, fluzifop p-butil y cletodim, con sus correspondientes testigos sin aplicar.

Se realizó una primera evaluación el día de la aplicación y luego cada 15-20 días durante las 10-12 semanas posteriores a la aplicación. En cada fecha de muestreo, se extrajeron al azar cuatro submuestras de 10 tallos molibles sucesivos por réplica de cada tratamiento. Estos tallos fueron pelados, despuntados en el punto natural de quiebre y pesados; y la calidad de estos fue analizada en el laboratorio de la Sección Química de la EEAOC.

Para el análisis estadístico de los resultados, se utilizó el análisis de coeficientes de sendero (“path analysis”) con el software Infostat (Estadística y Biometría,

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina), ya que la bibliografía asegura que se trata de una técnica con gran potencial para identificar variables causales que influyen sobre una variable dependiente (Li, 1975).

Se evaluaron las siguientes variables independientes: época de aplicación, variedad, tratamiento, temperatura media promedio de los 15 días previos a la fecha de aplicación y de los 15 días posteriores a ésta, y precipitación acumulada en los mismos períodos (Tabla 1). Se utilizaron estas dos últimas variables ambientales porque eran con las únicas que aportaban la información para todos los años y las localidades.

En cuanto a la variable dependiente, se determinó la tasa de incremento de Pol% caña (contenido de sacarosa aparente en el tallo), la cual expresa el incremento de este valor del día 0 al 49. Este último se determinó por tratarse de la séptima semana posterior a la aplicación, momento considerado como el tiempo medio de los Períodos Óptimos de Cosecha (POC) de todos los tratamientos evaluados, que ronda entre las 3-4 y las 10-11 semanas.

Para la interpretación de los resultados del análisis fueron consideradas las directrices señaladas por Singh and Chaudary (1979).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En una primera etapa se analizaron los grandes factores de manejo (variables independientes) que podrían influir en las distintas respuestas obtenidas a los tratamientos evaluados: época de aplicación, variedad y madurador (diferencia entre productos sin incluir los testigos sin aplicar) (Figura 1).

Este primer análisis evidenció que la variable “época de aplicación” explica significativamente la magnitud del efecto sobre la tasa de incremento de Pol% (relación efecto-causa), debido a la mejor combinación entre el efecto directo (-0,77) y el efecto total (-0,74). Esta relación es consecuencia de los elevados efectos directos en el mismo sentido de la correlación. Esto explica que a medida que se retrasa el momento o la época de aplicación, la tasa de incremento de Pol% es menor.

A modo de ejemplificar este efecto, en las Figuras 2 y 3 pueden verse, a través de la Diferencia Mínima Significativa (DMS), los elevados incrementos en el Pol% caña logrados por la aplicación temprana de glifosato (Figura 2); mientras que en el caso de una aplicación intermedia (Figura 3), si bien en este ejemplo las diferencias son significativas en todas las fechas de muestreo, su magnitud es inferior, tal como lo evidencian DMS menores.

Para el factor “variedad” se observa un efecto directo mucho menor que el de la “época de aplicación”, pero significativo al 1%.

**Tabla 1. Datos meteorológicos utilizados para el análisis de coeficientes de sendero. Tucumán, 2000-2007.**

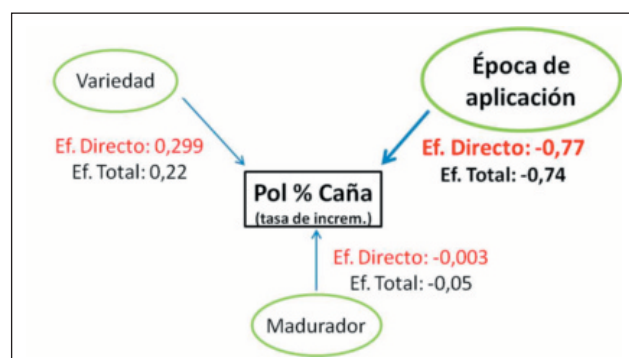
Año	Variedad	Localidad	Época	t° media pre-aplic. °C (1)	t° media post-aplic. °C (2)	precip. pre-aplic. mm (3)	precip. post-aplic. mm (4)
2004	TUCCP 77-42	Famaillá	Temprana	23,8	22,8	20,4	268,0
2005	TUCCP 77-42	Ranchillos	Temprana	19,9	20,0	183,0	85,0
2007	TUCCP 77-42	Famaillá	Temprana	22,1	21,6	55,4	1,2
2004	TUCCP 77-42	Famaillá	Intermedia	21,1	15,4	245,5	26,1
2007	TUCCP 77-42	Famaillá	Intermedia	20,2	16,3	29,8	31,5
2005	TUCCP 77-42	Ranchillos	Tardía	17,2	15,2	68,0	18,0
2003	TUCCP 77-42	Luisiana	Tardía	18,6	15,8	19,0	15,0
2003	TUCCP 77-42	Luisiana	Tardía	15,4	14,0	15,0	2,0
2005	CP 65-357	Luisiana	Temprana	19,4	19,7	126,0	64,0
2005	CP 65-357	Luisiana	Intermedia	19,7	15,9	64,0	16,0
2004	CP 65-357	Luisiana	Tardía	15,2	11,8	15,0	46,0
2004	CP 65-357	Luisiana	Tardía	11,8	12,8	46,0	0,0
2000	LCP 85-384	Cruz Alta	Temprana	22,5	20,4	105,0	47,0
2000	LCP 85-384	Cruz Alta	Temprana	20,8	21,1	47,0	25,0
2005	LCP 85-384	Luisiana	Temprana	19,4	19,7	106,0	64,0
2007	LCP 85-384	Cruz Alta	Temprana	21,6	21,8	68,0	5,0
2006	LCP 85-384	Simoca	Intermedia	19,9	19,4	191,0	5,0
2005	LCP 85-384	Luisiana	Intermedia	19,3	16,8	29,0	48,0
2004	LCP 85-384	Los Ralos	Intermedia	20,5	14,7	69,0	9,0
2007	LCP 85-384	Cruz Alta	Intermedia	20,3	16,9	14,5	20,6
2004	LCP 85-384	Los Ralos	Tardía	15,5	13,4	9,0	60,0
2003	LCP 85-384	Luisiana	Tardía	18,6	15,8	19,0	15,0
2005	LCP 85-384	Luisiana	Tardía	14,9	14,6	16,0	19,0
2003	LCP 85-384	Luisiana	Tardía	15,4	14,0	15,0	2,0
2006	RA 87-3	San Pablo	Intermedia	20,7	19,0	92,7	39,9
2007	RA 87-3	Alabama	Tardía	18,9	15,0	14,5	29,0

<sup>(1)</sup>Temperatura media, promedio de los 15 días previos a la fecha de aplicación.

<sup>(2)</sup>Temperatura media, promedio de los 15 días posteriores a la fecha de aplicación.

<sup>(3)</sup>Milímetros acumulados los 15 días previos a la fecha de aplicación.

<sup>(4)</sup>Milímetros acumulados los 15 días posteriores a la fecha de aplicación.



**Figura 1: Esquema de los resultados del análisis de sendero para las variables época de aplicación, variedad y tratamiento sobre la tasa de incremento de Pol% caña. Tucumán, 2000-2007.**

Por último, este análisis le atribuyó poca importancia al factor “madurador”, en razón de una baja correlación con la tasa de incremento de Pol% y por efectos directos de baja magnitud, aun teniendo signos iguales. Este último factor hace referencia a la diferencia entre productos evaluados sin incluir el testigo sin aplicar.

La poca influencia de estas dos últimas variables, variedad y tratamiento, sobre el incremento de la tasa de Pol% podría deberse a que son cultivares y productos de respuesta efectiva y comprobada a la maduración química.

Estos resultados ratifican lo indicado por Rufino *et al.* (2001) y Leggio Neme *et al.* (2013), quienes

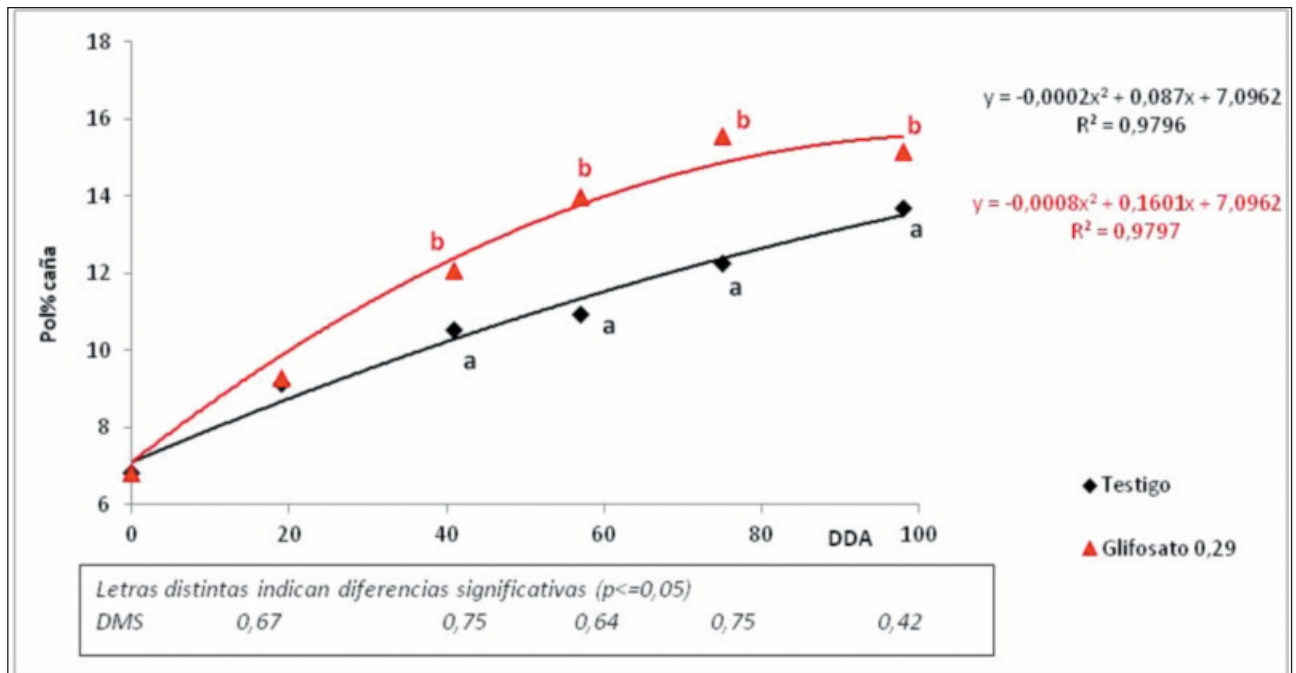


Figura 2. Pol% caña en función de los días después de la aplicación, para un testigo sin aplicar y una aplicación temprana de glifosato 0,29 L ia/ha.

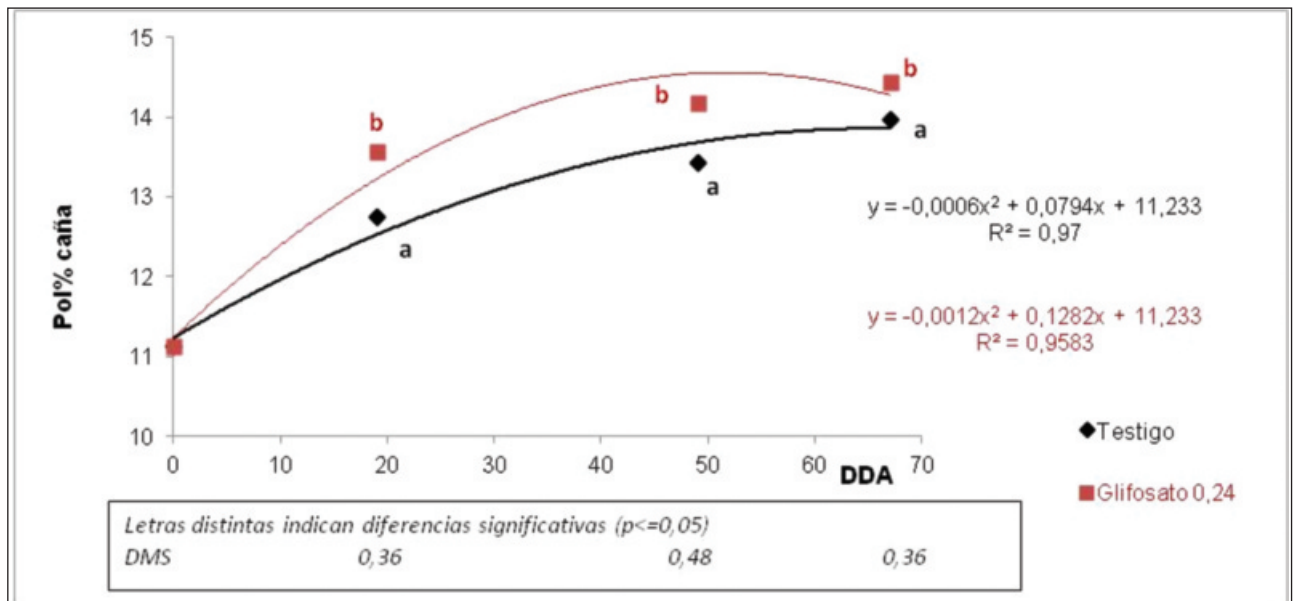


Figura 3. Pol% caña en función de los días después de la aplicación, para un testigo sin aplicar y una aplicación intermedia de glifosato 0,24 L ia/ha.

encontraron que las aplicaciones tempranas de los maduradores químicos lograban mejores respuestas en el incremento de sacarosa, independientemente de la variedad y el producto utilizado. Esto se debe a que la maduración natural del cañaveral todavía no se encuentra avanzada y la tasa de crecimiento es más elevada. En ese caso, la restricción del crecimiento es más drástica y el uso de las estructuras carbonadas destinadas a este se redireccionan hacia los órganos de

almacenamiento (tallos), donde se acumulan.

Al encontrar que la variable “época de aplicación” explicaba la mayor parte de las diferencias observadas en las respuestas, se analizó el efecto de las variables ambientales que definen la “época”, a fin de determinar cuál o cuáles resultaban las más influyentes en la magnitud de los efectos. Para ello se evaluaron como variables independientes los siguientes factores: temperatura media promedio de los 15 días previos a la fecha de aplicación, y



la de los 15 días posteriores a la misma, y precipitación acumulada en los mismos períodos (Tabla 1).

De acuerdo al análisis presentado en la Figura 4, la variable “temperatura media post-aplicación” resultó la más influyente sobre la variable dependiente “tasa de incremento de Pol%”, a través de su alta correlación con esta (0,71) y su efecto directo (0,80). Para la variable “temperatura media pre-aplicación”, el análisis muestra un valor medio de correlación (0,58), pero un efecto directo de baja magnitud (0,07) que, aunque sean de signos iguales, le resta importancia a su contribución en el resultado final. Este valor de correlación resulta del efecto indirecto de las demás variables, en este caso temperatura media post-aplicación (0,64).

Las variables “precipitaciones pre y post-aplicación” son de baja influencia, ya que si bien la correlación entre estas y la tasa de incremento de Pol% caña es significativa, los efectos directos son menores que los efectos indirectos a través de otros factores (temperatura media post-aplicación).

En resumen, el análisis de coeficiente de sendero indicó que el factor más influyente en el resultado final fue la época de aplicación expresada a través de las variables ambientales que la definen, en concordancia a lo expresado por Romero *et al.* (2000). De ellas, la temperatura media post-aplicación fue la que explicó en mayor medida las diferencias encontradas.

Para el proceso de maduración, Scarpari and Beauclair (2004; 2009) encontraron que las temperaturas por debajo de 20°C disminuyen las tasas

de crecimiento de la caña de azúcar y aumentan la acumulación de sacarosa en los tallos. En aplicaciones tempranas esta tasa es mucho mayor que la de maduración, por lo que esta reducción del crecimiento es más severa y el efecto del tratamiento madurativo resulta más notorio. A medida que se retrasa la fecha de aplicación, la tasa de maduración natural va en aumento y el efecto del madurador es más suave. Este resultado es coincidente con el reportado por Romero *et al.* (2017), Legendre (1975), Dalley and Richard Junior (2010) y Silva and Caputo (2012), donde aseguran que la viabilidad del uso de maduradores químicos depende del cultivar y las condiciones climáticas. En cuanto a estas últimas, recomiendan el uso de maduradores para estimular la acumulación de sacarosa en la caña de azúcar cuando se observan altas temperaturas y/o períodos lluviosos (Meschede *et al.*, 2010).

### CONCLUSIONES

Se demostró que la “época de aplicación” del madurante fue el factor de manejo que determinó en mayor medida la magnitud del incremento de Pol% caña. Esto se explica a través de las variables ambientales que definen cada época de aplicación. De ellas, la “temperatura media post-aplicación” resultó la variable más influyente en las respuestas a la maduración química. Es decir que el madurante logra el mayor efecto cuando es aplicado al final del período de gran crecimiento de la caña (época de aplicación temprana).

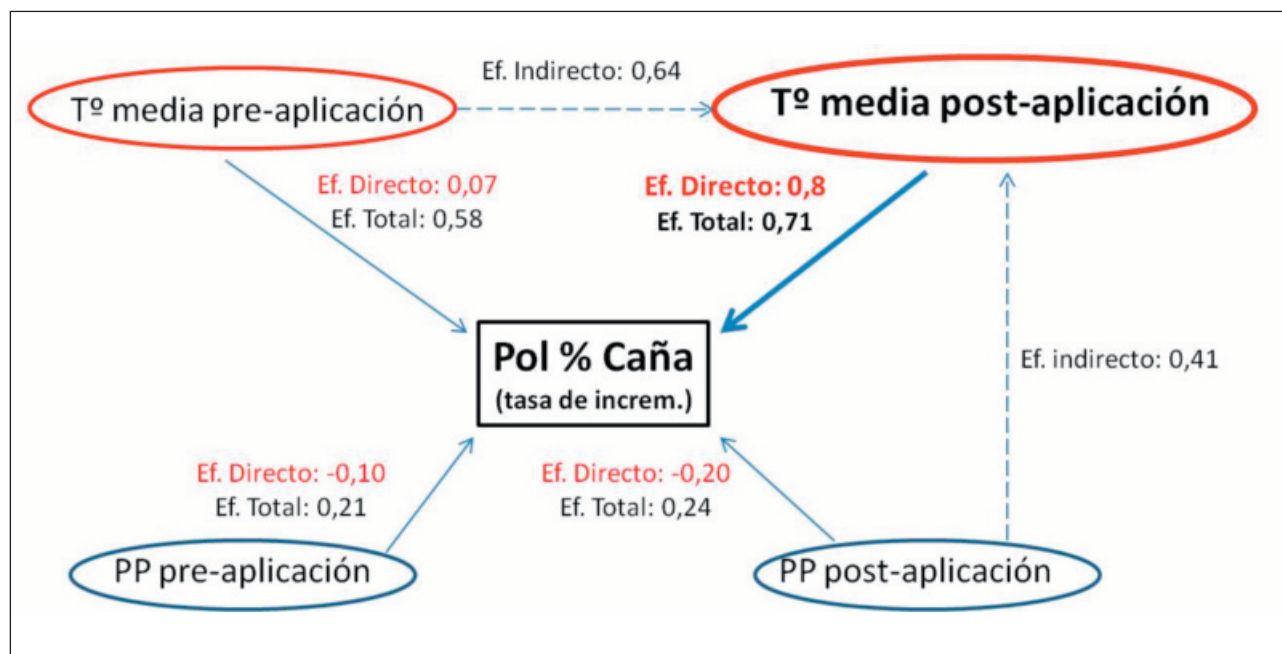


Figura 4. Esquema de los resultados del análisis de sendero para las variables independientes temperatura media pre-aplicación y post-aplicación, precipitaciones (PP) pre-aplicación y post-aplicación, y su efecto sobre la tasa de incremento de Pol% caña. Tucumán, 2000-2007.

**BIBLIOGRAFÍA CITADA**

- Almeida, J. C. V.; R. Sanomya; C. F. Leite e N. F. Cassinelli. 2003.** Eficiência agrônômica de sulfometuron-methyl como maturador na cultura da cana-de-açúcar (*Isaccharum spp*). Stab Açúcar, Álcool e Subprodutos. Piracicaba: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil 21 (3).
- Caputo, M. M. 2006.** Indução da maturação por produtos químicos e sua consequência na qualidade tecnológica de diferentes genótipos de cana-de-açúcar. Dissertation (Master in Science in Crop Production). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Dalley, C. D. and E. P. Richard Junior. 2010.** Herbicides as ripeners for sugarcane. *Weed Science* 58: 329-333.
- Infostat. 2004.** Manual del usuario. Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera edición. Ed. Brujas, Argentina, pp. 318.
- Lavanholi, M. G. D. P.; A. A. Casagrande; L. A. F. Oliveira; G. A. Fernandes e R. F. Rosa. 2002.** Aplicação de ethephon e imazapyr em cana-de-açúcar em diferentes épocas e sua influência no florescimento, acidez do caldo e teores de açúcares nos colmos – variedade SP 70-1143. *Revista STAB* 20: 42-45.
- Legendre, B. L. 1975.** Ripening of sugarcane: effects of sunlight, temperature, and rainfall. *Crop Science* 15: 349-352.
- Leggio Neme, M. F.; S. Fajre; E. R. Romero; L. G. Alonso and A. Sánchez Ducca. 2013.** Chemical ripening advances in Tucuman, Argentina. *Proc. XXVIII Int. Soc. Sugar Cane Technol.* 28.
- Leggio Neme, M. F.; E. R. Romero; L. G. Alonso; J. Fernández de Ullivarri; P. A. Digonzelli; J. Giardina; J. Tonatto y S. D. Casen. 2009.** Maduración química de la caña de azúcar, recomendaciones. En: Romero, E. R.; P. A. Digonzelli y J. Scandaliaris (eds.), *Manual del cañero*, EEAOC, Las Talitas, Tucumán, R. Argentina, pp.175-184.
- Leggio Neme, M. F.; E. R. Romero; J. Tonatto; L. Alonso y J. Scandaliaris. 2005.** Cletodim: Una alternativa para la maduración química de la caña de azúcar. *Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres - Gacetilla Agroindustrial* 64.
- Leite, G. H. P. 2005.** Maturação induzida, alterações fisiológicas, produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. *Dissertação (Mestrado em Agronomia - Agricultura)*, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, pp. 156.
- Li, C. C. 1975.** Path analysis: a primer. California Boxwood, Pacific Grove, pp. 346.
- Meschede, D. K.; E. D. Veliniv and C. A. Carbonari. 2010.** Effect of Glyphosate and Sulfometuron-Methyl on the Growth and Technological Quality of Sugarcane. *Planta Daninha* 28 (SPE): 1135-1141.
- Romero, E. R.; M. F. Leggio Neme; P. A. Digonzelli; J. Fernández de Ullivarri; J. A. Giardina; M. J. Tonatto y A. Sánchez Ducca. 2017.** La maduración química de la caña de azúcar en Tucuman. XIV Congreso Internacional sobre azúcar y derivados. Diversificación 2017. La Habana, Cuba.
- Romero, E.; M. Rufino; J. Scandaliaris; R. Rufino y L. Alonso. 2001.** Impacto agronómico, fabril y económico de la maduración química de la caña de azúcar. Análisis de estrategias orientadas a incrementar la recuperación de azúcar en Tucumán – Argentina. *Publicación Especial EEAOC* 20: 10-13.
- Romero, E.; J. Scandaliaris y M. Rufino. 2000.** La maduración química como estrategia para mejorar la recuperación de azúcar y la eficiencia de la cosecha de la caña de azúcar en Tucumán-Argentina. *Memorias XX Inter.-American Sugarcane Seminar: “At the dawn of the New Millenium”*. Miami. Florida. USA.
- Romero, E.; J. Scandaliaris; S. Sotillo; G. Díaz y G. Erimbaue. 1996.** La maduración en la caña de azúcar: el almacenamiento de sacarosa y factores que influyen. *Avance Agroind.* 17 (66): 3-8.
- Rufino, M.; E. Romero; J. Scandaliaris; F. Pérez Zamora; L. Alonso y R. Rufino. 2001.** Importancia del manejo de la maduración en la mejora de la recuperación de azúcar en Tucumán: Situación actual y perspectivas. Análisis de estrategias orientadas a incrementar la recuperación de azúcar en Tucumán – Argentina. *Publicación Especial EEAOC* 20: 5-9.
- Scarpari, M. S. and E. G. F. Beauclair. 2004.** Sugarcane maturity estimation through edaphic-climatic parameters. *Scientia Agricola* 61: 486-491.
- Scarpari, M. S. and E. G. F. Beauclair. 2009.** Physiological model to estimate the maturity of sugarcane. *Scientia Agricola* 66: 622- 628.
- Silva, M. A. and M. M. Caputo. 2012.** Ripening and the use of ripeners for better sugarcane management. p. 2-24. In: Marin, F.R. (ed.), *Crop management: cases and tools for higher yield and sustainability*. InTech, Rijeka, Croatia.
- Singh, R. K. and B. D. Chaudary. 1979.** Biometrical methods in quantitative genetic analysis. Kalyani, pp. 304.