

Análisis de la temperatura y humedad del suelo y rendimiento cultural en dos sistemas de manejo del cañaveral en Tucumán - Argentina

Juan Fernández de Ullivarri*, Mercedes Medina*, Atina Criado*, Laura Tortora*,
Eduardo R. Romero* y Patricia A. Digonzelli*

RESUMEN

En este ensayo se analizó el régimen hídrico y térmico del suelo y el rendimiento cultural del cañaveral en dos alternativas de manejo del residuo agrícola de cosecha (RAC). Las alternativas estudiadas fueron: a) CV cosecha integral en verde dejando la cobertura de RAC sobre el suelo y b) CQ cosecha integral en verde y posterior quema del RAC. El ensayo se realizó en Finca El Potrero, departamento de Simoca, provincia de Tucumán, Argentina. Se trabajó con la variedad LCP 85-384 y las evaluaciones se realizaron en las campañas 2012/2013 y 2013/2014. El diseño experimental fue totalmente aleatorizado con tres repeticiones. La parcela experimental estuvo formada por cinco surcos de 10 m de largo. La humedad y la temperatura se midieron con sensores Decagon e Ibutton, respectivamente, que registraban datos con una frecuencia de cuatro horas. El rendimiento cultural se estimó antes de la cosecha de la soca 1 y de la soca 2. La temperatura del suelo para los dos ciclos evaluados fue mayor en el tratamiento CQ hasta el cierre del cañaveral, cuando CV y CQ tendieron a igualarse y la amplitud térmica fue siempre menor en CV. El contenido promedio de humedad del suelo antes del cierre fue mayor en el tratamiento CV (5,3% y 5,6% mayor en los ciclos 2012/13 y 2013/14, respectivamente). Después del cierre, en el primer ciclo las diferencias entre tratamientos se hicieron mínimas, y en el segundo ciclo el contenido de humedad del suelo continuó siendo mayor en el tratamiento CV (diferencia de 5,46%). El rendimiento cultural no presentó diferencias significativas entre los tratamientos para ninguno de los ciclos estudiados.

Palabras clave: cobertura, sustentabilidad, caña verde.

ABSTRACT

Yield, soil temperature and soil moisture analysis in two sugar cane management systems in Tucumán - Argentina

In this trial, the hydric and thermal regime of the soil and yield of the sugarcane were analyzed in two trash blanket management alternatives. The alternatives studied were: a) CV mechanical harvest leaving trash blanket on the ground and b) CQ mechanical harvest and subsequent trash blanket burning. The trial was carried out at "El Potrero" farm in Simoca department, Tucumán, Argentina. We worked with LCP 85-384 variety, the evaluations were carried out in the 2012/2013 and 2013/2014 campaigns. The experimental design was totally randomized with three repetitions. The experimental plot consisted of 5 furrows 10 m long. Humidity and temperature were measured with Decagon and Ibutton sensors respectively, recording data at a frequency of 4 hours. The sugarcane yield was estimated before the harvest of first and second ratoon. The soil temperature in the two evaluated cycles was higher in the CQ treatment until cane closure, when CV and CQ tended to equalize. The thermal amplitude was always lower in CV. The average soil moisture content before closure was higher in the CV treatment (5.3% and 5.6% higher in the 2012/13 and 2013/14 cycles, respectively). After the closure in the first cycle, the differences between treatments became minimal and in the second cycle the soil moisture content continued to be higher in the CV treatment (difference of 5.46%). The sugarcane yield did not present significant differences between the treatments for any of the studied cycles.

Key words: trash blanket, sustentability, green cane.

Fecha de recepción: 04/2016 - Fecha de aceptación: 18/06/2020

* Subprograma Agronomía de caña de azúcar, EEAOC. E-mail: jullivarri@eeaoc.org.ar

INTRODUCCIÓN

La quema del cañaveral como método de limpieza pre-cosecha y pos-cosecha fue ampliamente utilizada en la provincia de Tucumán durante varias décadas. Como consecuencia de la creciente concientización sobre el cuidado del medio ambiente y en respuesta a una exigencia de la sociedad, el gobierno de la provincia de Tucumán prohibió la quema de los cañaverales, ya sea de la caña en pie o de los residuos de la cosecha de este cultivo (Honorable Legislatura de Tucumán, 2004). Esta legislación y la creciente preocupación por las buenas prácticas agrícolas impulsó el estudio del manejo de los cañaverales manteniendo la cobertura de RAC sobre el suelo. En este nuevo esquema productivo es posible que se produzcan algunos cambios que hacen necesaria una evaluación y seguimiento para poder establecer el mejor sistema de manejo del RAC, conforme a las diferentes condiciones agroecológicas del área cañera.

Entre los aspectos más importantes que sufren alteraciones al mantener la cobertura de residuos sobre el suelo se encuentran la temperatura y la humedad edáfica.

En zonas con inviernos muy fríos, por ejemplo Lousiana (EE.UU.), existen reportes de que la cobertura con RAC sobre el suelo puede incrementar la temperatura del mismo, logrando un efecto protector frente a las heladas (Thompson, 1966; Viator *et al.*, 2005). Por otro lado, a finales del invierno y comienzos de la primavera la temperatura del suelo bajo la cobertura de RAC es inferior a la del suelo desnudo, situación que se mantiene hasta el cierre del cañaveral. Esta disminución de la temperatura edáfica coincide con las primeras fases de desarrollo del cañaveral puede retrasar la emergencia y el macollaje en los tratamientos con cobertura de residuos de cosecha (Thompson, 1966; Page *et al.*, 1986; Wood, 1991; Morandini *et al.*, 2005; Digonzelli *et al.*, 2011). Por otro lado, es posible que los brotes de los tratamientos con cobertura de RAC sufran mayores daños frente a la ocurrencia de heladas tardías, dado que la temperatura del suelo, y por tanto el aire en contacto con el mismo, es inferior en los tratamientos con cobertura que en los tratamientos quemados o sin cobertura (Sandhu *et al.*, 2013). A partir del cierre del cañaveral la temperatura tiende a igualarse en ambas situaciones de manejo (Sandhu *et al.*, 2013).

En Tucumán, Argentina, se desarrollaron algunas investigaciones en este sentido. Así, Morandini *et al.* (2009) y Digonzelli *et al.* (2011) encontraron que la temperatura del suelo sin cobertura era significativamente mayor que cuando se dejaba la cobertura. Esta situación se mantenía hasta el cierre del cañaveral, momento en que los tratamientos tendían a igualarse.

Por otra parte, conservar la cobertura de RAC sobre el suelo disminuye la evaporación del agua del suelo (Carvalho *et al.*, 2019), por lo tanto favorece la conservación de la humedad en niveles superiores a los encontrados para el suelo sin cobertura (Wood, 1991; Ball-Coelho *et al.*, 1993). La evaporación de un suelo desnudo puede ser hasta el doble que la de un suelo con cobertura (Denmead *et al.*, 1997). Existen reportes de que la cobertura con RAC puede incrementar el rendimiento cultural en zonas de medias a escasas precipitaciones (Wood, 1986; Ball-Coelho *et al.*, 1993; Chapman *et al.*, 2001; Cheong and Teeluck, 2016; Aquino *et al.*, 2018; Lisboa *et al.*, 2018), mientras que en zonas con excesos de humedad edáfica

la cobertura puede provocar un efecto contrario, disminuyendo los rendimientos (Viator *et al.*, 2008; Olivier and Singels, 2012).

En Tucumán, Morandini *et al.* (2005) reportaron que la humedad edáfica es afectada por la cobertura, y que los requerimientos de agua son mayores en los tratamientos quemados (sin cobertura). En el mismo sentido, Digonzelli *et al.* (2011) reportaron que la humedad edáfica en los primeros centímetros de suelo fue mayor en los tratamientos con cobertura, situación que se mantuvo hasta el cierre del cañaveral.

El rendimiento cultural del cañaveral es uno de los aspectos que se encuentra relacionado, en mayor o menor medida, al manejo de la cobertura. Existen numerosas evidencias de que la cobertura con RAC puede incrementar la productividad de la caña de azúcar. Trabajando en Brasil, Ball-Coelho *et al.* (1993), de Resende *et al.* (2006), Aquino *et al.* (2017) y Corrêa *et al.* (2019) encontraron que la cobertura aumenta el rendimiento del cañaveral, especialmente en años secos y regiones de menores precipitaciones. En Australia, Wood (1991), Chapman *et al.* (2001) y Thorburn *et al.* (2001) encontraron similares resultados. En el mismo sentido, también reportaron incrementos de productividad debido a la cobertura de residuos de cosecha Murombo *et al.* (1997) en Zimbabwe, Van Antwerpen *et al.* (2001) en Sudáfrica y Muñoz-Arboleda and Quintero-Duran (2009) en Colombia.

Morandini *et al.* (2005) y Tonatto *et al.* (2011), ambos en Tucumán, no encontraron diferencias de rendimiento cultural entre el cultivo de caña con y sin cobertura de RAC; en cambio, Digonzelli *et al.* (2011) hallaron diferencias de rendimiento favorables al tratamiento con cobertura, que se debieron principalmente a una mayor población de tallos en ese tratamiento.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el régimen térmico del suelo, la humedad edáfica en los primeros 20 centímetros del perfil y el rendimiento cultural en dos situaciones de manejo: sin cobertura de RAC y con cobertura de RAC sobre la superficie del suelo, en la zona este del área cañera tucumana, durante dos campañas consecutivas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la finca El Potrero, perteneciente a la empresa Bulacio Argenti SA, ubicada en el departamento de Simoca, en la región de la Llanura Deprimida Salina de la provincia de Tucumán, República Argentina (27° 15' 15,95" S 65° 19' 25,56" O). La región se caracteriza por la presencia de una capa freática de tenor salino que fluctúa durante el año a poca o mediana profundidad. Posee un mesoclima seco sub-húmedo cálido, la temperatura media anual es de 19,5°C, la precipitación media anual disminuye desde 900 mm al SO hasta 650 mm en el E, con una evapotranspiración estimada en 950 mm. El número de meses con deficiencia hídrica crece en el mismo sentido de 5 a 9, lo cual constituye una limitación climática para el cultivo de la caña de azúcar. Los suelos son de origen aluvial y heterogéneos en sus características texturales (Sanzano y Fadda, 2009). En el caso particular de la finca El Potrero se han realizado obras de drenaje que deprimen el nivel freático, lo que permite el lavado de las sales del perfil de suelo y evita situaciones de exceso de humedad.

La plantación se realizó en 2011, y una vez cosechada la caña planta con una cosechadora integral, se establecieron los tratamientos a evaluar: a) CV: Cosecha con máquina integral en verde y mantenimiento de la cobertura de RAC sobre el suelo y b) CQ: Cosecha con máquina integral en verde y posterior quema del RAC. Las evaluaciones se realizaron durante los ciclos productivos 2012/13 y 2013/14.

La cosecha de la planta se realizó el 26 de julio del 2012, la cosecha de la soca 1 fue el 2 de agosto de 2013, y la de la soca 2 el 10 de agosto de 2014. La fertilización se realizó con 86 kg de N por hectárea en cada ciclo evaluado. El manejo de malezas se realizó con herbicidas post-emergentes de uso convencional.

La temperatura del suelo se registró cada cuatro horas con termómetros automáticos marca Ibutton enterrados a 20 cm de profundidad sobre la línea del surco. La humedad edáfica se registró cada cuatro horas mediante sensores Decagon Devices 10HS y dataloggers Decagon Devices Em5b ubicados en la costilla del surco. La precipitación total registrada durante estos tres ciclos fue de 674,2 mm, 952,2 mm y 1183,2 mm, respectivamente.

El cierre del cañaveral se determinó visualmente mediante la observación del entrecruzamiento de las hojas en el entresurco.

Se trabajó con la variedad LCP 85-384, que es la más difundida en la provincia, donde ocupa el 76% de la superficie cultivada con caña de azúcar (Ostengo *et al.*, 2018). Las parcelas experimentales estuvieron formadas por cinco surcos de 10 metros de largo. El diseño fue totalmente aleatorizado con tres repeticiones. El procesamiento de los datos se efectuó mediante el software estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2014), utilizando un ANOVA con efectos fijos, y las comparaciones de medias se realizaron mediante el test de Tukey al 5% de probabilidad.

RESULTADOS

Temperatura del suelo

En el primer ciclo se registró la temperatura del suelo por 209 días entre el 6 de octubre de 2012 y el 2 de mayo de 2013 (Figura 1). El cierre del cañaveral se produjo

durante los últimos cinco días de diciembre de 2012 y los primeros cinco días de enero de 2013. En la Figura 1 se observa que antes del cierre del cañaveral la temperatura fue superior en el tratamiento CQ. Entre la primera medición y el cierre del cañaveral hubo una diferencia promedio de temperatura media diaria de 1,79°C a favor del tratamiento CQ. Después del cierre, la diferencia entre tratamientos CQ y CV fue de 0,04°C a favor del tratamiento CV.

Antes del cierre del cañaveral, la mayor diferencia entre ambos tratamientos se registró el día 20 de octubre de 2012, cuando la diferencia media diaria entre los tratamientos fue de 5,78°C a favor de CQ; ese mismo día a las 18:25 se registró la diferencia más amplia entre tratamientos y fue de 7,25°C a favor del tratamiento CQ. Después del cierre, la máxima diferencia media diaria encontrada entre tratamientos fue de 1,21°C a favor de CV el 15 de marzo de 2013, y la máxima diferencia registrada entre tratamientos fue de 1,40°C ese mismo día a las 9:25 a favor del tratamiento CV.

La diferencia entre los tratamientos CQ y CV también se encuentra reflejada en la amplitud térmica. En la Tabla 1 puede observarse que en el tratamiento CQ la amplitud térmica es mayor que en el tratamiento CV, tanto en temperaturas medias diarias como en temperaturas absolutas.

En el segundo ciclo, se registró la temperatura durante 231 días, entre el 10 de octubre de 2013 y el 28 de mayo de 2014 (Figura 2). El cierre se produjo entre el 5 y el 15 de enero de 2014. La diferencia promedio de temperaturas medias diarias entre ambos tratamientos desde

Tabla 1. Amplitud térmica durante el ciclo 2012/2013. Simoca, Tucumán, Argentina.

Tratamiento	CQ	CV
T° media diaria máxima (°C)	27,09	25,44
T° media diaria mínima (°C)	17,8	18,17
Amplitud térmica media diaria (°C)	9,29	7,27
T° máxima absoluta (°C)	29,5	26,6
T° mínima absoluta (°C)	16,6	16,5
Amplitud térmica absoluta (°C)	12,9	10,1

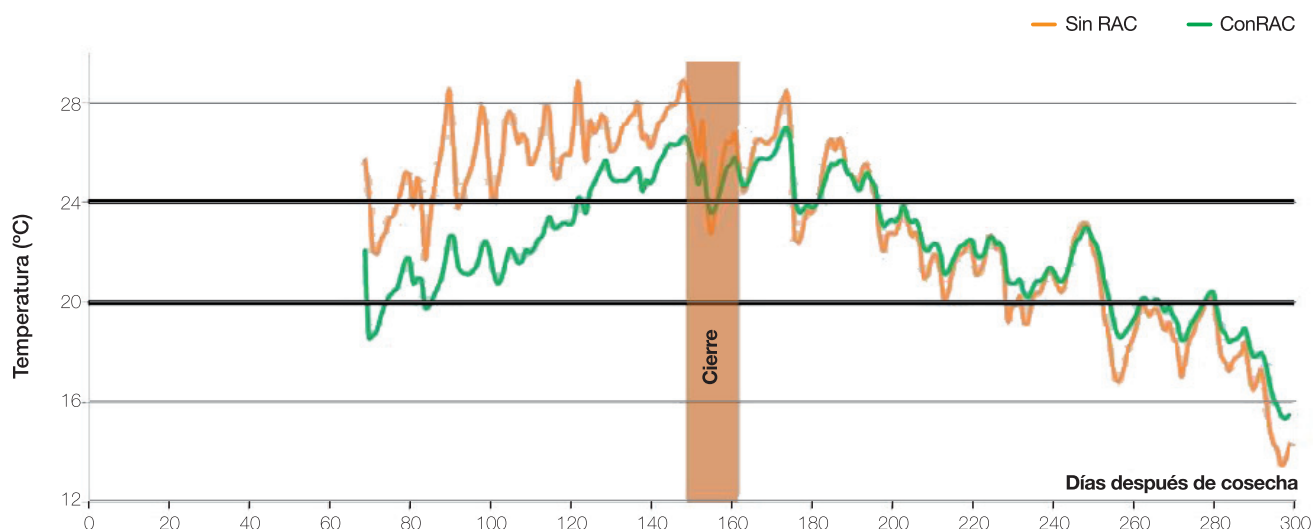


Figura 1. Temperatura del suelo a 20 cm con y sin cobertura de RAC sobre la superficie. Ciclo 2012/2013. Simoca, Tucumán, Argentina.

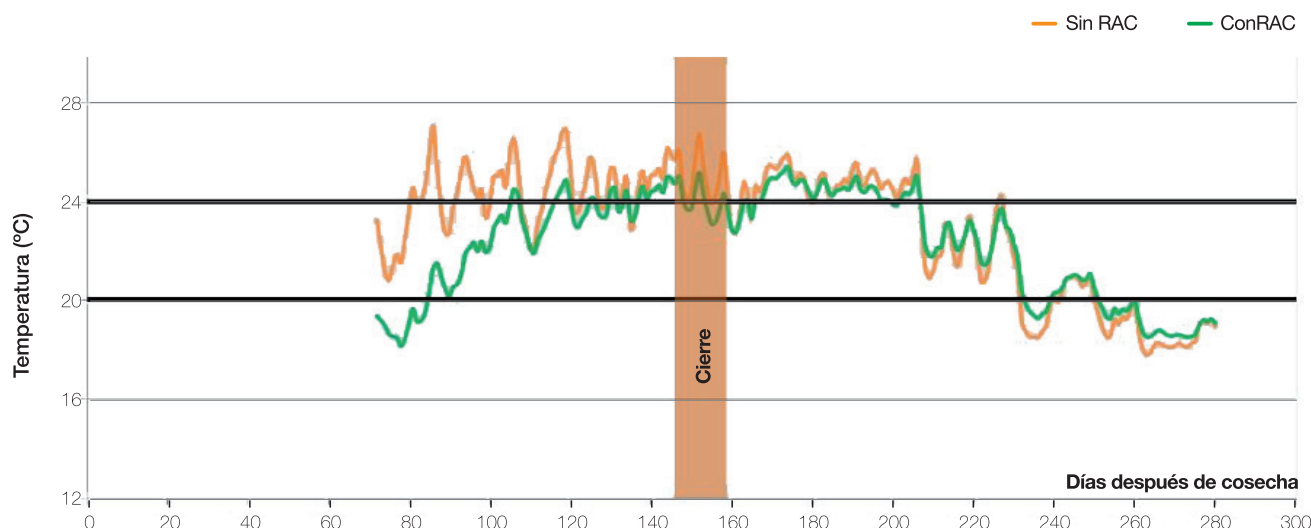


Figura 2. Temperatura del suelo a 20 cm con y sin cobertura de RAC sobre la superficie. Ciclo 2013/2014. Simoca, Tucumán, Argentina.

el 10 de octubre hasta el cierre fue de 2,82°C a favor del tratamiento CQ. Después del cierre, las diferencias, al igual que en el ciclo anterior, se hacen mínimas, promediando 0,44°C, nuevamente a favor del tratamiento CV. En este ciclo la máxima diferencia de temperatura entre tratamientos se registró el día 31 de octubre, cuando la diferencia diaria promedio fue de 5,88°C a favor del tratamiento CQ. Ese mismo día a las 15:45 la diferencia entre tratamientos fue de 6,92°C, valores similares a los del ciclo 2012/2013.

En la Tabla 2 se puede observar la amplitud térmica absoluta y media diaria de los dos tratamientos evaluados, y se observa un comportamiento similar al del ciclo 2012/2013, donde el tratamiento CQ muestra una mayor amplitud tanto en temperatura media diaria como en temperatura absoluta.

Los resultados obtenidos en este ensayo confirman que el mantenimiento de la cobertura de RAC sobre el suelo reduce la temperatura en los primeros centímetros del perfil hasta el cierre del cañaveral, donde las diferencias entre tratamientos tienden a igualarse.

Thompson (1966) encontró resultados similares trabajando en Sudáfrica, donde midió 4°C de diferencia entre tratamientos con y sin cobertura en primavera y hasta el cierre del cañaveral; una vez cerrado el cañaveral, observó que la diferencia de temperatura entre los tratamientos se minimizó. Chapman *et al.* (2001), trabajando en Australia, hallaron diferencias de 3,8°C entre los tratamientos con y sin cobertura de RAC, con las mayores temperaturas en los tratamientos sin RAC. En Louisiana, Viator

et al. (2005) encontraron en primavera una diferencia de 1,3°C a favor del tratamiento sin cobertura. En invierno la diferencia fue a favor del tratamiento con cobertura, que mantuvo la temperatura del suelo 0,8°C por encima que el tratamiento sin cobertura.

Oliveira *et al.* (2001), en Piracicaba (Brasil), encontraron resultados muy similares a los presentados en este trabajo. Estos investigadores reportaron diferencias de hasta 7°C en noviembre entre la temperatura promedio del tratamiento sin cobertura (mayor temperatura) y la del tratamiento con cobertura. En febrero la diferencia entre tratamientos se hizo mínima.

En Tucumán, Digonzelli *et al.* (2011) midieron la temperatura del suelo en dos ciclos agrícolas en tratamientos con y sin cobertura de RAC. En el primer ciclo, con una cosecha tardía, hallaron una diferencia promedio de temperatura entre tratamientos con y sin cobertura de RAC de 0,3°C entre fines de noviembre y principios de febrero. En el siguiente ciclo, con una cosecha más temprana, encontraron una diferencia entre tratamientos de 1,6°C entre septiembre y fines de febrero, y siempre la mayor temperatura se observó en los suelos sin cobertura de RAC. Morandini *et al.* (2009), trabajando también en Tucumán, encontraron un comportamiento similar en la variedad TUCCP 77-42, con diferencias en temperatura del suelo estadísticamente significativas al comienzo del ciclo: 1,8°C a favor del tratamiento sin cobertura, valor que se mantuvo hasta el cierre del cañaveral. Corrêa *et al.* (2019) indicaron que removiendo el 100% del RAC se obtenían los valores más altos de temperatura del suelo a 15 cm de profundidad; retirando el 50 % se obtenían valores intermedios de temperatura y cuando no se removía nada del RAC se obtenían los valores más bajos en los primeros tres a cuatro meses desde la cosecha. Luego de estos meses las temperaturas entre los tratamientos eran similares.

Cuando se deja la cobertura de RAC sobre la superficie del suelo, las variaciones térmicas del suelo se atenúan. Este fenómeno también se verifica en otros cultivos. Dahiya *et al.* (2007) encontraron una disminución en la variación térmica del suelo cuando dejaban la cobertura de trigo, aunque sostienen que este efecto disminuye con la profundidad. En caña de azúcar hay numerosos trabajos

Tabla 2. Amplitud térmica durante el ciclo 2013/2014. Simoca, Tucumán, Argentina.

Tratamiento	CQ	CV
T° media diaria máxima (°C)	29,03	27
T° media diaria mínima (°C)	13,5	15,35
Amplitud térmica media diaria (°C)	15,53	11,65
T° máxima absoluta (°C)	32	27,3
T° mínima absoluta (°C)	13	15,16
Amplitud térmica absoluta (°C)	19	12,14

que señalan este fenómeno, entre ellos el trabajo realizado por Awe et al. (2015), quienes indicaron que en Santa Maria (Brasil), el “mulch” de caña de azúcar disminuyó la amplitud térmica del suelo, reduciendo la temperatura en verano e incrementando la misma en invierno. Por su parte, Corrêa et al. (2019) determinaron en Brasil que removiendo el 100 % de la cobertura, la amplitud térmica se hacía máxima; removiendo el 50 %, la amplitud disminuía y dejando el 100 % de la cobertura, la amplitud térmica se hacía mínima.

El efecto de la cobertura con RAC sobre la temperatura del suelo tiene su correlato agronómico, ya que la temperatura regula la emergencia y crecimiento inicial del cañaveral (Whiteman et al., 1963) Así, en las situaciones con cobertura de RAC se observa, en general, un retraso en la emergencia y crecimiento inicial de la caña tal como lo reportaron Digonzelli et al. (2011), Fernández de Ullivarri et al. (2018) y Corrêa et al. (2019), aunque, en la mayoría de los casos, la situación entre los tratamientos con y sin cobertura tiende a igualarse a medida que se avanza en el ciclo del cañaveral (Digonzelli et al., 2011; de Aquino et al., 2017; Fernández de Ullivarri et al., 2018).

Humedad del suelo

La evolución de la humedad edáfica a 20 cm de profundidad durante el ciclo agrícola 2012/2013 (soca 1) y la distribución de las precipitaciones durante el mismo ciclo se observan en la Figura 3. En esta figura también se muestran las constantes hídricas del suelo: Capacidad de campo (CC), Punto de Marchitez Permanente (PMP), Agua Fácilmente Utilizable (AFU) y Agua Difícilmente Utilizable (ADU). En el tratamiento CQ se registraron valores de humedad inferiores al tratamiento CV. La mayor diferencia se observa inmediatamente después de la cosecha y hasta el cierre del cañaveral. Una vez que el cañaveral cierra, la diferencia entre los tratamientos se hace menor.

En este ciclo, la humedad volumétrica promedio antes del cierre fue de 20,2% y 25,6 % para los tratamientos CQ y CV, respectivamente (5,3% de diferencia entre tratamientos). Después del cierre, la humedad registrada fue de 25,5% y 25,2% para los mismos tratamientos, con una mínima diferencia a favor del tratamiento CQ de

0,32%. Además puede observarse que después de cada precipitación, el tratamiento CQ pierde el agua almacenada en el suelo más rápidamente que el tratamiento CV. Si bien este fenómeno se observa durante todo el ciclo, es más marcado antes del cierre del cañaveral. En este ciclo en particular, el tratamiento CQ, a diferencia del CV, se ubicó muchos días en la zona de “agua difícilmente utilizable”, lo que puede llegar a generar una situación de estrés hídrico en el cultivo.

Durante el ciclo de soca 2 (ciclo 2013/2014) sigue observándose la tendencia a mayor contenido de humedad edáfica en el tratamiento CV (Figura 4). Sin embargo, en este ciclo la diferencia se mantiene aun después del cierre del cañaveral. La humedad promedio antes del cierre fue de 16,9% y 22,5% para los tratamientos CQ y CV, respectivamente (diferencia promedio de 5,6 %), mientras que después del cierre la humedad promedio fue de 26,4% y 31,9% para esos mismos tratamientos, con una diferencia entre ellos de 5,46% a favor del tratamiento con RAC.

Estos resultados confirman el efecto de la cobertura de RAC en la conservación de la humedad en los primeros 20 cm del suelo, especialmente antes del cierre del canopeo. En Tucumán, donde la mayor parte de los cañaverales se cultivan en secano y las condiciones primaverales secas ocasionan que durante la emergencia y el macollaje los requerimientos hídricos del cañaveral no estén satisfechos, este efecto de la cobertura puede contribuir a mejorar la productividad, tal como reportaron Digonzelli, et al. (2011) y Fernández de Ullivarri et al. (2014). En coincidencia con este trabajo, Wood (1991) indicó mayor conservación de la humedad y menores fluctuaciones del contenido hídrico del suelo cuando se mantiene el RAC sobre la superficie del suelo. Además, indicó que el menor contenido de humedad se presentó en el tratamiento con quema del RAC. Chapman et al. (2001) indicaron que la cobertura reduce la pérdida de humedad del suelo al reducir la evaporación, y este efecto se mantiene hasta que el cultivo completa su canopeo, cuando las diferencias entre los tratamientos se minimizan. Viator et al. (2005), en Louisiana, encontraron valores de succión matriz menores en tratamientos con cobertura, lo que indica una mayor

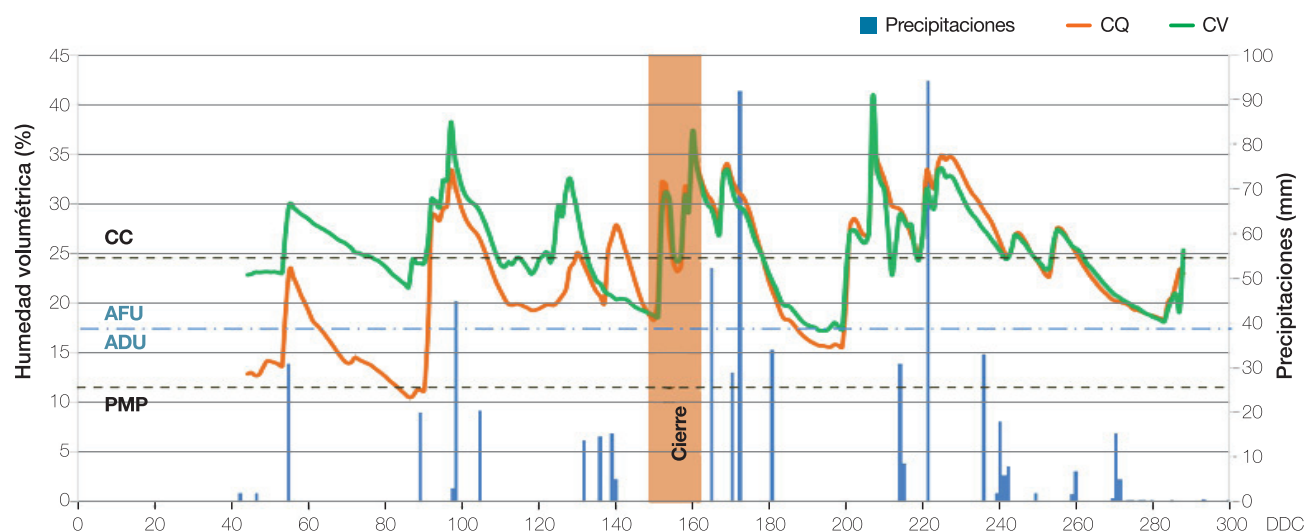


Figura 3. Distribución de las precipitaciones y evolución de la humedad edáfica a 20 cm con y sin cobertura de RAC sobre la superficie. CC: Capacidad de Campo; PMP: Punto de Marchitez Permanente; AFU: Agua Fácilmente Utilizable; ADU: Agua Difícilmente Utilizable. Ciclo 2012/2013. Simoca, Tucumán, Argentina.

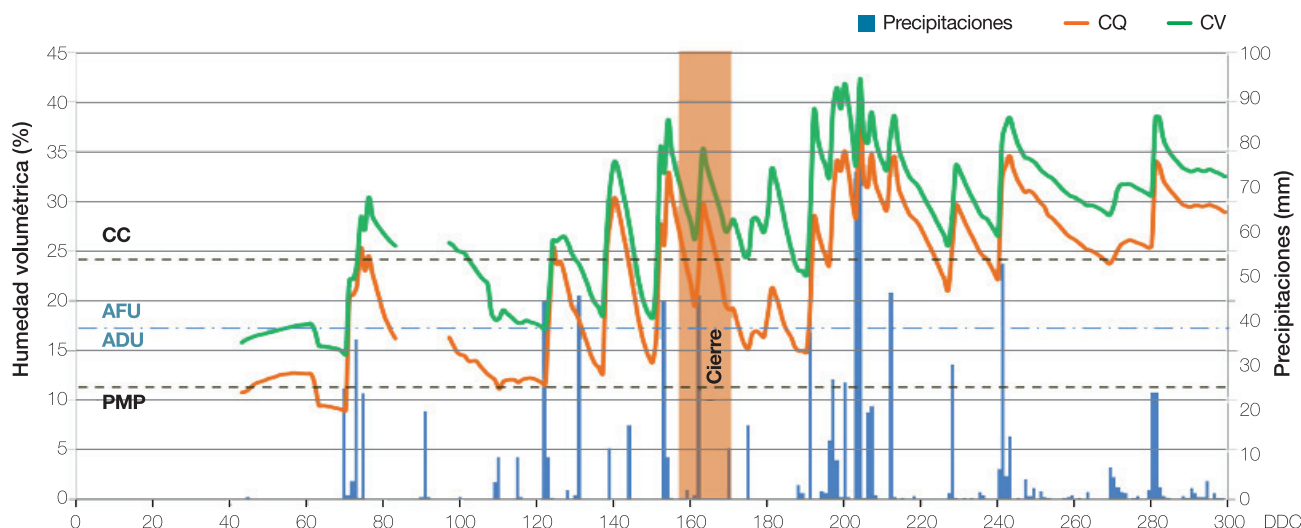


Figura 4. Distribución de las precipitaciones y evolución de la humedad edáfica a 20 cm con y sin cobertura de RAC sobre la superficie. CC: Capacidad de Campo; PMP: Punto de Marchitez Permanente; AFU: Agua Fácilmente Utilizable; ADU: Agua Difícilmente Utilizable. Ciclo 2013/2014. Simoca, Tucumán, Argentina.

disponibilidad de agua para las plantas en este tratamiento versus el tratamiento quemado. Morandini *et al.* (2005) y Digonzelli *et al.* (2011), en Tucumán, reportaron mayor contenido de humedad edáfica en el tratamiento con RAC comparado con aquel sin el RAC, e indicaron que el efecto de la cobertura sobre la humedad del suelo es dependiente del régimen pluviométrico del ciclo considerado. También en Tucumán, Fernández de Ullivarri *et al.* (2012) encontraron que en los primeros 20 cm del suelo, la humedad edáfica era significativamente mayor en los tratamientos con cobertura de RAC, sin embargo esta diferencia no se mantuvo hasta los 40 cm de profundidad del suelo.

En Brasil, Castioni *et al.* (2018) reportaron que la disminución de la cantidad de cobertura reducía la humedad del suelo. Hicieron ensayos con 15, 10, 5 y 0 toneladas de RAC por hectárea y la humedad promedio fue de 35%, 32%, 27% y 27% para cada tratamiento, respectivamente.

También en Brasil, Corrêa *et al.* (2019) encontraron menores valores de humedad del suelo en tratamientos donde se removía el 100% de la cobertura en la época seca (junio a octubre), lo cual se mantuvo hasta el cierre, coincidente con la época de mayores precipitaciones, cuando la humedad en los tratamientos con y sin cobertura se igualó.

Rendimiento Cultural (TCH)

En el presente trabajo se analizó el rendimiento cultural durante los ciclos 2012/13 y 2013/14; en ambos casos no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la producción de caña/ha entre los tratamientos evaluados (Figura 5).

Sin embargo, merece la pena comentar que en ambos ciclos el tratamiento CV presentó un rendimiento cultural superior que el CQ (sin significación estadística). Así, en el primer ciclo evaluado (2012/2013) el tratamiento CV produjo 9,5 t/ha más que el tratamiento CQ (rendimiento cultural 7,8% mayor); en el ciclo 2013/14 el tratamiento CV presentó un rendimiento cultural un 8,8 % superior al CQ (8,8 t/ha más que en CQ).

Conforme a lo expresado anteriormente, el mantenimiento de la cobertura puede resultar en diferencias de rendimiento, especialmente en años donde las pre-

cipitaciones son escasas u ocurre una temporada seca durante los meses de crecimiento del cañaveral. En años con mayores precipitaciones, las diferencias entre tratamientos son menos marcadas. En el norte de Brasil (donde se registran menores precipitaciones que en la región de Sao Paulo), Ball-Coelho *et al.* (1993) encontraron un rendimiento cultural 30% mayor en el tratamiento con cobertura vs. el tratamiento donde se quemaba el RAC. En Australia, Chapman *et al.* (2001) encontraron diferencias significativas de producción entre tratamientos con y sin cobertura en soca 1, soca 2, soca 4 y soca 5, siempre a favor del tratamiento con cobertura. Morandini *et al.* (2005) no hallaron diferencias en la producción de caña/ha en la región de la Llanura Chacopampeana subhúmeda-húmeda de Tucumán entre el tratamiento con cobertura de residuos y el tratamiento sin cobertura. Por otra parte, Digonzelli *et al.* (2011), evaluando dos ciclos agrícolas en Tucumán, registraron en ambos ciclos una mayor producción de caña en el tratamiento con RAC, aunque solo en uno de ellos la diferencia fue estadísticamente significativa. En Brasil, de Aquino *et al.* (2017) registraron una diferencia significativa de producción del 22% favorable a los tratamientos con mayor cobertura de RAC (75% y 100% de cobertura) al

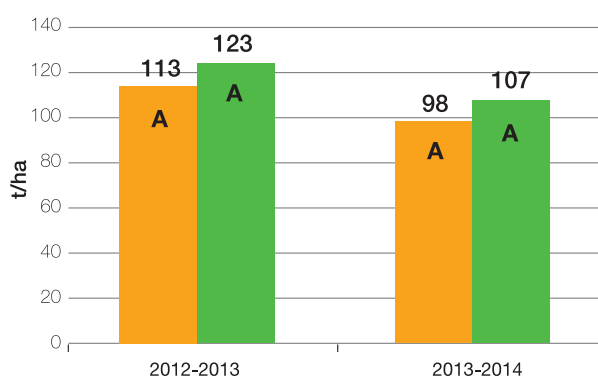


Figura 5. Rendimiento cultural para los tratamientos CQ y CV en el ciclo 2012/2013 y 2013/2014. Letras distintas indican diferencias significativas (prueba de Tukey, $p < 0,05$). Simoca, Tucumán, Argentina.

compararlos con tratamientos sin o con poca cobertura de RAC (25% y 0%), en años especialmente secos. Corrêa *et al.* (2019), en Brasil, encontraron que removiendo la cobertura (parcial o totalmente), obtenían diferencias significativas de producción favorables a los tratamientos con mayor cobertura en las localidades cálidas y secas, mientras que en localidades más húmedas, el efecto de la cobertura era menos marcado y no encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en las edades de soca 1 y soca 2.

CONCLUSIONES

La temperatura del suelo, en los primeros centímetros del perfil, fue mayor en los tratamientos CQ hasta el cierre del cañaveral. Después del cierre del cañaveral la temperatura del suelo, en ambos tratamientos, tiende a igualarse.

El tratamiento CV mostró menor fluctuación de la temperatura edáfica que CQ.

El tratamiento CV presentó mayor humedad edáfica que el tratamiento CQ; además conservó el agua almacenada por más tiempo, lo que permitió que, bajo estas condiciones, el suelo se encontrara menos tiempo en la zona de agua difícilmente utilizable.

En relación a la producción de caña/ha no se observaron diferencias entre los tratamientos para las condiciones de los ciclos analizados en el presente trabajo. Sin embargo se verificó, en ambos ciclos, una tendencia a un mayor rendimiento cultural en el tratamiento con cobertura de RAC. Este efecto podría pronunciarse en años con déficit hídricos pronunciados.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Bulacio Argenti SA y especialmente a Santiago Moyano y Juan Zamorano por brindarnos la ayuda y respaldo necesarios para llevar a cabo el ensayo.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Aquino, G. S. D.; C. D. C. Medina; D. A. Silvestre; E. C. Gomes; A. C. B. Cunha; D. A. O. Kussab & A. D. Santiago. 2018.** Straw removal of sugarcane from soil and its impacts on yield and industrial quality ratoons. *Scientia Agricola* 75 (6): 526-529.
- Awe, G. O.; J. M. Reichert and O. O. Wendroth. 2015.** Temporal variability and covariance structures of soil temperature in a sugarcane field under different management practices in southern Brazil. *Soil and Tillage Research* 150:93-106.
- Ball-Coelho, B.; H. Tiessen; J. W. B. Stewart; I. H. Salcedo and E. V. S. B. Sampaio. 1993.** Residue management effects on sugarcane yield and soil properties in Northeastern Brazil. *Agronomy Journal* 85 (5): 1004-1008.
- Carvalho, K. S.; M. S. Vianna; D. S. P. Nassif; L. G. Costa; M. V. Folegatti and F. R. Marin. 2019.** Effect of soil straw cover on evaporation, transpiration, and evapotranspiration in sugarcane cultivation. *Australian Journal of Crop Science* 13 (8): 1362-1368.
- Castioni, G. A.; M. R. Cherubin; L. M. S. Menandro; G. M. Sanches; R. de Oliveira Bordonal; L. C. Barbosa; H. C. J. Franco and J. L. N. Carvalho. 2018.** Soil physical quality response to sugarcane straw removal in Brazil: a multi-approach assessment. *Soil and Tillage Research* 184: 301-309.
- Chapman, L. S.; P. L. Larsen and J. Jackson. 2001.** Trash conservation increases cane yield in the Mackay District. *Proc. Aust. Sugar Cane Technol.* 23:176-184.
- Cheong, L. N. and M. Teeluck. 2016.** The practice of green cane trash blanketing in the irrigated zone of Mauritius: effects on soil moisture and water use efficiency of sugarcane. *Sugar tech* 18 (2): 124-133.
- Cheong, L. N., and Teeluck, M. 2016.** The practice of green cane trash blanketing in the irrigated zone of Mauritius: effects on soil moisture and water use efficiency of sugarcane. *Sugar tech*, 18(2), 124-133.
- Corrêa, S. T. R.; L. C. Barbosa; L. M. S. Menandro; F. V. Scarpore; K. Reichardt; L. O. de Moraes; T. A. D. Hernandez; H. C. J. Franco and J. L. N. Carvalho. 2019.** Straw Removal Effects on Soil Water Dynamics, Soil Temperature, and Sugarcane Yield in South-Central Brazil. *BioEnergy Research* 12 (4): 749-763.
- Dahiya, R.; J. Ingwersen and T. Streck. 2007.** The effect of mulching and tillage on the water and temperature regimes of a loess soil: Experimental findings and modeling. *Soil and Tillage Research* 96 (1-2): 52-63.
- de Aquino, G. S.; C. de Conti Medina; D. C. da Costa; M. Shahab and A. D. Santiago. 2017.** Sugarcane straw management and its impact on production and development of ratoons. *Industrial Crops and Products* 102: 58-64.
- de Resende, A. S.; R. P. Xavier; O. C. de Oliveira; S. Urquiaga; B. J. Alves and R. M. Boddey. 2006.** Long-term effects of pre-harvest burning and nitrogen and vinasse applications on yield of sugar cane and soil carbon and nitrogen stocks on a plantation in Pernambuco, NE Brazil. *Plant and soil* 281 (1-2): 339-351.
- Denmead, O. T.; C. L. Mayocchi; and F. X. Dunin. 1997.** Does green cane harvesting conserve soil water? *Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol.* 19:139-146.
- Digoncelli, P. A.; M. J. Tonatto; E. R. Romero; G. A. Sanzani; J. Fernández de Ullivarri; J. A. Giardina and J. Scandaliaris. 2011.** Assessing a sustainable sugarcane production system in Tucumán, Argentina. Part 2: Soil water and thermal regime, stalk population dynamics and sugarcane production. *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán* 88 (2):1-12.
- Di Rienzo J. A.; F. Casanoves; M. G. Balzarini; L. Gonzalez; M. Tablada; C. W. Robledo. 2014.** Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. [En línea] Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>.
- Fernández de Ullivarri, J.; P. A. Digoncelli; M. Medina; F. Pérez Alabarce; M. F. Leggio Neme y A. Marto. 2012.** Efecto del residuo de la cosecha en verde de la caña de azúcar sobre la humedad del suelo en este de Tucumán, R. Argentina. *Avance Agroindustrial* 33 (2): 17-32.
- Fernández de Ullivarri, J.; P. A. Digoncelli; M. Medina; E. R. Romero y A. Criado. 2014.** Efecto del residuo agrícola de cosecha (RAC) de caña de azúcar sobre

- la producción cultural en el este de Tucumán, R. Argentina. En Reunión Técnica de la Caña de Azúcar, 19, Tucumán-Argentina, 2014. CD-ROM.
- Fernández de Ullivarri, J.; M. Medina; A. Criado; M. F. Leggio Neme; E. R. Romero y P. A. Digonzelli. 2018.** Dinámica de la población de tallos de caña de azúcar en dos sistemas de manejo de la cobertura de residuos. En: Congreso ATALAC-Técnicaña, 11, Cali-Colombia, 2018. CD-ROM.
- Honorable Legislatura de Tucumán. 2004.** Ley N° 7459. [En línea] Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/arg86971.pdf>. (consultado: junio 8 de 2020).
- Lisboa, I. P.; M. R. Cherubin; R. P. Lima; C. C. Cerri; L. S. Satiro; B. J. Wienhold and C. E. Cerri. 2018.** Sugarcane straw removal effects on plant growth and stalk yield. *Industrial crops and products* 111: 794-806.
- Morandini, M.; R. Figueroa; F. Perez Zamora and J. Scandaliaris. 2005.** The effects of green-cane trash blanket on soil temperature, soil moisture and sugarcane growth. En: *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.*, 25, Guatemala, 2005, pp. 231-236.
- Morandini, M.; C. F. Hernández; H. C. Rojas Quinteros y G. A. Sanzano. 2009.** Efecto de la conservación de residuos de cosecha de la caña de azúcar en la temperatura de un suelo Argiudol típico de la Llanura Chacopampeana sub húmeda-húmeda (Tucumán - Argentina). *Rev. Ind. y Agric. de Tucumán.* 86 (1): 15-23.
- Muñoz-Arboleda, F. and R. Quintero-Duran. 2009.** Trash management after green cane harvesting and its effect on productivity and soil respiration. En: *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol*, 27, Veracruz-Mexico, 2010, pp. 1-8.
- Murombo, M.; E. Takavarasha and J. Wiseman. 1997.** Green cane harvesting at Mkwazine Estate, Zimbabwe. *Proc S Afr Sug Technol Ass* 71: 30-32.
- Oliveira, J. C. M.; Timm, L. C.; Tominaga, T. T.; Cassaro, F. A. M.; Reichardt, K.; Bacchi, O. O. S.; Dourado-Neto, D. and Câmara, G. D. S. 2001.** Soil temperature in a sugar-cane crop as a function of the management system. *Plant and soil*, 230(1), 61-66.
- Olivier, F. C. and A. Singels. 2012.** The effect of crop residue layers on evapotranspiration, growth and yield of irrigated sugarcane. *Water SA* 38 (1): 77-86.
- Ostengo, S.; M. A. Espinosa; J. V. Díaz; E. R. Chavanne; M. Aybar Guchea; D. D. Costilla y M. I. Cuenya. 2018.** Relevamiento de la distribución de variedades y de otras tecnologías aplicadas en el cultivo de la caña de azúcar en la provincia de Tucumán: Campaña 2016/2017. *Gac. Agroindustrial* 81 EEAOC.
- Page, R. E.; Glanville T. J. and Truong P. N. 1986.** The significance of trash retention trials in the Isis and Maryborough mill areas. En *Proceedings of the Australian Society Sugar Cane Technologists* 1986, pp. 95-102.
- Sandhu, H. S.; R. A. Gilbert; G. Kingston; J. F. Subiros; K. Morgan; R. W. Rice; L. Baucum; J. M. Shine Jr. and L. Davis. 2013.** Effects of sugarcane harvest method on microclimate in Florida and Costa Rica. *Agricultural and forest meteorology* 177: 101-109.
- Sanzano, G. A. y G. S. Fadda. 2009.** Características de los suelos para caña de azúcar: recomendaciones de manejo. En: Romero, E. R.; P. A. Digonzelli y J. Scandaliaris (Eds.). *Manual del Cañero, Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, Tucumán- Argentina*, pp. 23-34.
- Thompson, G. D. 1966.** The production of trash and its effects as a mulch on the soil and on sugarcane nutrition. *Proc. of the S. Afr. Sug. Technol. Assoc.* 40: 333-342.
- Thorburn, P. J.; R. Van Antwerpen; J. H. Meyer; B. A. Keating and F. A. Robertson. 2001.** Impact of trash blanketing on soil nitrogen fertility: Australian and South African experience. En: *Proc Int Soc Sugar Cane Technol*, 24, Brisbane-Australia, pp. 33-39.
- Tonatto, J.; P. A. Digonzelli; E. R. Romero; M. F. Leggio Neme; F. Pérez. y R. Ponce de León. 2011.** Evaluación del efecto de distintos sistemas de manejos de caña de azúcar sobre el rendimiento cultural y sus componentes en Tucumán, Argentina. *Avance Agroindustrial* 33 (2): 16-19.
- Van Antwerpen, R.; J. H. Meyer and P. E. T. Turner. 2001.** The effects of cane trash on yield and nutrition from the long-term field trial at Mount Edgecombe. En: *Proc. S. Afr. Sug. Technol. Ass* 75, pp. 235-241.
- Viator, R. P.; R. M. Jonson and E. P. Richard Jr. 2005.** Challenges of post-harvest residue management in the Louisiana sugarcane industry. En: *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.*, 25, Guatemala, pp. 238-245.
- Viator, R. P.; R. M. Johnson and E. P. Richard Jr. 2008.** Green-cane residue management in a non-tropical climate. *Sugar Journal.* 70 (9):12.
- Whiteman, P. C.; T. A. Bull and K. T. Glasziou. 1963.** The Physiology of Sugar-Cane VI. Effects of Temperature, Light, and Water on Set Germination and Early Growth of *Saccharum* Spp. *Australian Journal of Biological Sciences* 16 (2): 416-428.
- Wood, A. W. 1986.** Green cane trash management in the Herbert Valley. Preliminary results and research priorities. En: *Proceedings of the the Australian Society of Sugar Cane Technologists*, pp. 85-94.
- Wood, A. W. 1991.** Management of crop residues following green harvesting of sugarcane in north Queensland. *Soil and Tillage Research* 20: 69-85.