

## Optimización de un sistema de multiplicación rápida de caña semilla de alta calidad

Juan A. Giardina\*, Patricia A. Digonzelli\*, Atina Criado\*\*, Laura Tortora\*, Fernanda Leggio\*, Eduardo R. Romero\*, Santiago Moyano Paz\*\*\*, Roque Correa\*\*\*\* y G. Agustín Sanzano\*\*\*\*.

### RESUMEN

La producción de plantines de caña de azúcar a partir de yemas aisladas extraídas *in situ* permite aumentar la tasa de multiplicación de la caña semilla y producir material adecuado para el refalle de lotes comerciales. En este trabajo se estudiaron los siguientes efectos: época de extracción de yemas (mayo, junio y julio, correspondientes a 8, 9 y 10 meses de edad), diferentes sustratos, y empleo o no de fungicida sobre la brotación y crecimiento inicial de plantines de LCP 85-384 y TUC 95-10, obtenidos a partir de yemas aisladas. Se estudió, también, la dinámica de la brotación o emergencia de los plantines y se evaluó la calidad fabril de los tallos de caña de azúcar que quedaron en pie luego de la extracción de yemas. Las yemas extraídas en mayo presentaron menor porcentaje de emergencia que en las otras épocas. Los sustratos estudiados no afectaron el porcentaje de emergencia de las yemas. En LCP, 85-384 el uso de fungicida mejoró la emergencia. Los plantines presentaron mayor peso seco y mayor altura cuando las yemas fueron extraídas en julio respecto a junio y mayo. La duración de la emergencia fue menor para yemas extraídas en junio y julio que en mayo. En general, 15 días después de la extracción de las yemas los tallos que quedaron en pie presentaron pérdidas de rendimiento fabril. En conclusión, las épocas de extracción de yemas con mejores resultados en la producción de plantines de caña de azúcar fueron los meses de junio y julio, especialmente en este último (9 y 10 meses de edad). Los tallos que quedan en pie después de la extracción deberían ser cosechados no más allá de 15 días después de esa acción, para ser aprovechados en la industria.

**Palabras clave:** producción de plantines, caña semilla de alta calidad, caña de azúcar.

### ABSTRACT

#### A rapid multiplication system for high quality seed cane

The production of sugarcane seedlings from isolated buds extracted *in situ*, allows to increase the seed cane multiplication rate and to produce a suitable material for replanting commercial lots. In this work the effects of: buds extraction time (age), different substrates and the use or not of fungicides on sprouting and initial growth of LCP 85-384 and TUC 95-10 seedlings obtained from isolated buds, were studied. Emergence and feedstock quality of sugar cane stalks that remained standing after the buds extraction were also studied. We analyzed: three times of buds extraction (May, June and July corresponding to 8, 9 and 10 months of age); two substrates and the use or not of fungicide. Sugar cane buds extracted in May had lower emergence percentage than in the other seasons. Different substrates studied did not affect buds emergence percentage. In LCP 85-384 the use of fungicide improved emergence. When buds were extracted in July, seedlings had higher dry weight and height, compared to June and May. Shoot emergence period was shorter for buds extracted in June and July than in May. In general, 15 days after buds extraction, the stems that remained standing showed losses in feedstock yield. The best bud extraction times for sugarcane seedlings production were June and July (9 and 10 months of age). Different evaluated substrates did not affect shoot emergence. The decrease in feedstock yield percentage increases with days since buds extraction, therefore the stems should be harvested up to 15 days after buds extraction.

**Key words:** production of seedlings, seed cane, sugarcane.

*Fecha de recepción: 17/09/2020 - Fecha de aceptación: 10/06/2021*

\*Investigadores y \*\*Técnico profesional, Sección Caña de Azúcar. Subprograma Agronomía de Caña de Azúcar. \*\*\*\* Investigadores Sección Suelos y Nutrición Vegetal, Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes Av. William Cross (4101) Las Talitas, Tucumán. Argentina. \*\*\*Gerente de campo Bulacio Argentino S.A. E-mail: jgiardina@eeaoc.org.ar.

## INTRODUCCIÓN

Tucumán es la principal provincia productora de caña y de azúcar de la República Argentina, y la agroindustria azucarera representa un factor de incidencia fundamental en el desarrollo económico y social de la provincia y la región. Por ello, las tecnologías que permiten maximizar el rendimiento cultural y fabril de los cañaverales, prolongar la vida de la cepa y conducir hacia sistemas de producción más sustentables son herramientas de gran valor para el crecimiento económico del Noroeste argentino. Según datos del Instituto de Promoción de Azúcar y Alcohol de Tucumán (IPAAT), en la zafra 2019 en Tucumán se produjeron 1.386.737,2 toneladas de azúcar equivalente y se molieron 15.414.552 toneladas de caña bruta, con un rendimiento fabril de 9% (IPAAT, 2019). La superficie neta cosechable total con caña de azúcar en Tucumán para esa misma zafra fue estimada en 275.290 ha (Fandos *et al.*, 2019).

Una parte de la producción de caña de azúcar se utiliza como caña semilla para la renovación o implantación de nuevos cañaverales, para la campaña 2019 se estimó que se utilizarían con este fin unas 800.000 t de caña (Fandos *et al.*, 2019).

El empleo de caña semilla de alta calidad permite incrementar la producción de los cañaverales comerciales gracias a la sanidad, identidad genética y vigor que la caracterizan. Con la finalidad de producir este tipo de simiente, la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) inició el Proyecto Vitroplantas en 2001. En este proyecto se consideran tres grandes etapas: a) producción de plantines de caña de azúcar utilizando las técnicas de cultivo de meristemas y micropropagación, b) cría y rusticación en invernáculo, y c) multiplicación en campo mediante un esquema de semilleros Básicos, Registrados y Certificados (Digonzelli *et al.*, 2009). La implementación de un sistema de producción de plantines a partir de yemas aisladas extraídas *in situ* permitirá, sobre la base de la caña semilla de alta calidad producida actualmente en el Proyecto Vitroplantas, aumentar la tasa de multiplicación a 1:50-60 en el semillero Básico, es decir que de un surco de semillero se podrán plantar 50-60 surcos. Con esto, además, se logrará disminuir significativamente el tiempo requerido para disponer de cantidades suficientes de semilla, lo cual es especialmente importante en la difusión masiva de nuevas variedades (Landell *et al.*, 2012; Digonzelli, 2013; Landell *et al.*, 2013; Xavier *et al.*, 2014).

Por otro lado, cualquier método que reduzca la cantidad de caña semilla necesaria para la plantación y la superficie requerida para obtenerla representa una ventaja económica en el sistema productivo de la caña de azúcar. Además, podrían incorporarse a este sistema tecnologías de bajo impacto ambiental, agregando valor a la cadena de producción de caña semilla de alta calidad mediante el empleo de biofertilizantes y bioprotectores, entre otros productos (Segato *et al.*, 2006; Lucchesi, 2008; Digonzelli, 2013).

Los plantines obtenidos por el sistema bajo estudio podrían también ser utilizados para refalle de plantaciones comerciales. Cabe recordar que más del 80% de la caña de azúcar en Tucumán se cultiva en secano y la época típica de plantación coincide con la ausencia de precipitaciones. Por tanto, en años donde las sequías primaverales son extremas pueden presentarse fallas en

la emergencia de la caña planta o en el rebrote de la caña soca, las cuales afectan negativamente la vida útil del cañaveral.

Por otro lado, el disponer de material de refalle de alta calidad reviste una importancia vital en las situaciones de cañaverales establecidos con riego por goteo, donde cada año que se prolongue la vida del mismo representa un retorno económico muy importante para este sistema. Se espera, además, que este nuevo sistema de propagación permita, en el futuro, avanzar en el desarrollo de un sistema de plantación mecánica de precisión sobre los residuos de la cosecha en verde de la caña de azúcar (plantación directa), contribuyendo al perfeccionamiento de un sistema de producción agrícola más sustentable.

Por otra parte, la elección del sustrato para la producción de los plantines es un aspecto importante, dado que entre las funciones principales del mismo se destacan proveer agua, suministrar nutrientes, permitir el intercambio gaseoso y servir de soporte físico para las plantas (Fonteno and Harden, 2003; Macías *et al.*, 2010). Un sustrato adecuado debe poseer composición homogénea, bajo índice salino, buena capacidad de intercambio catiónico, buen nivel de nutrientes asimilables, baja densidad, elevada capacidad de retención de agua, buen suministro de aire, estructura estable y mínima velocidad de descomposición. Debe, asimismo, estar libre de plagas, patógenos y semillas de malezas. Otras características obedecen a factores operativos tales como costo, disponibilidad y facilidad de manejo (Xavier *et al.*, 2014; Villegas Torres *et al.*, 2017). La cuantificación de las características químicas y físicas del sustrato es un aspecto importante ya que éstas actúan directamente en la brotación de las yemas, en el crecimiento de los plantines de caña de azúcar y desempeñan una importante función en el establecimiento del sistema radicular. Abad *et al.* (2004) y Xavier *et al.* (2014) destacan que las propiedades físicas cobran mayor importancia frente a las demás, ya que una vez colocado el sustrato en el recipiente es difícil modificarlas. Algunas de las propiedades físicas que resulta valioso conocer en los sustratos son: espacio poroso total, capacidad de aireación, capacidad de retención de agua, densidad aparente y densidad real (Baixauli Soria y Aguilar Olivert, 2002; Villegas Torres *et al.*, 2017).

Existen distintos tipos de materiales que pueden ser utilizados, solos o en mezclas, como sustratos para la producción de plantines, entre los que se destacan arena lavada, sustratos comerciales, vermiculita, humus de lombriz, fibra de coco e incluso residuos de la agroindustria azucarera (Ferreira Morgado *et al.*, 2000; Baixauli Soria y Aguilar Olivert, 2002; Díaz *et al.*, 2004; Cruz-Crespo *et al.*, 2013).

Por otro lado, la edad de la caña semilla es también un factor importante que puede afectar a la brotación. En las plantaciones de caña de azúcar se recomienda que la caña semilla empleada sea caña planta o primera soca (primer rebrote del cañaveral) y tenga entre 7 y 10 meses de edad. El material de propagación joven presenta mayor contenido de humedad y de glucosa, lo que, en general, se correlaciona positivamente con la brotación de las yemas (Van Dillewijn, 1952; Buenaventura Osorio, 1990; Victoria y Calderón, 1995; Salgado *et al.*, 2013).

En el presente trabajo se evaluaron los efectos de diferentes sustratos, la época de extracción de yemas (edad de las mismas) y el uso o no de fungicida sobre la

brotación, la dinámica de la emergencia y el crecimiento inicial de plantines obtenidos a partir de yemas aisladas de las variedades LCP 85-384 y TUC 95-10. Se comparó, también, el comportamiento de ambos cultivares, se verificó la calidad de la caña en pie donante de las yemas y posteriormente a la extracción de las yemas, se evaluó también la calidad fabril de los tallos de caña de azúcar que quedaron en pie.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 1. Descripción del sistema de producción de plantines

Para iniciar la producción de plantines de caña de azúcar mediante el sistema de yemas aisladas extraídas *in situ*, se utilizaron tallos producidos en el Semillero Básico del Proyecto Vitroplantas, el cual cumple con todos los estándares de sanidad, vigor e identidad genética establecidos para este tipo de semillero (Digonzelli *et al.*, 2015).

La edad fisiológica del material vegetal fue de 8 a 10 meses. Las yemas se extrajeron principalmente de la parte media del tallo, manteniendo la caña en pie. Para ello se utilizaron pinzas de corte previamente desinfectadas con amonio cuaternario al 1% (Figura 1). Luego se realizó una selección de las mejores yemas, eliminando aquellas afectadas mecánicamente o con daños por insectos.

Al momento de la extracción de las yemas ( $t_0$ ) se evaluó el contenido de humedad de las mismas. Para esto se tomaron al azar 20 yemas aisladas, se pesaron y se llevaron a estufa a temperatura de 70°C-72°C hasta peso constante. Por diferencia de peso se calculó el porcentaje de humedad.

### 2. Características físico-químicas de los sustratos

Se utilizaron dos sustratos resultantes de la mezcla de los siguientes componentes: S1: sustrato comercial, arena y perlome en proporción 3:2:1; y S2, con los mismos componentes en proporción 2:3:1. El sustrato comercial estuvo compuesto por una mezcla de turba, compost de corteza, perlita, cal y humectantes.

Para la caracterización de los sustratos 1 y 2 se tomaron aleatoriamente tres muestras de cada uno. Se determinó en laboratorio pH, conductividad eléctrica (CE) por conductimetría, carbono orgánico total (COT) por combustión, contenido de nitrógeno total (N) por Kjeldah, fósforo (P) por Bray y Kurtz II y potasio intercambiable (K) por espectrofotometría. Las propiedades físicas fueron estudiadas mediante el método del porómetro (Ansorena Miner, 1994). Los sustratos fueron colocados en recipientes rígidos, y se realizaron sucesivos ciclos de saturación con agua y drenaje con el objetivo de simular la densidad que alcanzarían en las bandejas. Luego del último ciclo se midió el volumen de agua drenado y se determinó el peso húmedo y peso seco de la muestra en estufa. Con estas

magnitudes fueron calculados densidad aparente (DA), porosidad total (PT%) y retención hídrica (RH%) (Ansorena Miner, 1994; Fonteno and Harden, 2003; Villegas Torres *et al.*, 2017).

### 3. Evaluación de época de extracción de las yemas, sustratos, empleo de fungicida y dinámica de la emergencia

Los ensayos se realizaron en el invernáculo de la EEAO, utilizando yemas de las variedades LCP 85-384 y TUC 95-10 en edad de caña planta. Se decidió utilizar estos cultivares porque son los más plantados en Tucumán, y entre ambos abarcan más del 80% del área cañera de nuestra provincia. Se evaluaron tres épocas de extracción de yemas (mayo, junio y julio), que corresponden a tres edades de la caña semilla (ocho, nueve y diez meses de edad dentro del ciclo, respectivamente); dos sustratos (S1 y S2) y el empleo o no de fungicida (F0 y F1).

Las yemas extraídas en cada época se trataron durante 10 minutos con F0 (agua potable – testigo) y F1 (Carbendazim: 40 cc en 20 litros de agua); se plantaron en bandejas de 25 celdas cada una, con dos sustratos diferentes: S1 (sustrato comercial, arena, perlome) en proporción 3:2:1; y S2 (sustrato comercial, arena, perlome) en proporción 2:3:1. El diseño experimental fue completamente aleatorizado con cinco repeticiones (cada bandeja constituyó una repetición) y se colocó una sola yema por cada celda de las bandejas. Las fechas de plantación de los ensayos (fecha de extracción de las yemas) fueron: época 1 (15 de mayo); época 2 (15 de junio) y época 3 (15 de julio).

Las bandejas se conservaron en el invernáculo de la EEAO, bajo condiciones controladas de temperatura ( $26 \pm 2^\circ\text{C}$ ) y humedad a capacidad de campo. Se evaluaron el porcentaje de emergencia o brotación y la dinámica de esta. Para esto se realizaron recuentos diarios del número de yemas emergidas, considerando yema emergida cuando aparecía el clavo sobre la superficie del sustrato. Para caracterizar la dinámica de la emergencia y efectuar comparaciones entre los tratamientos, se utilizó un modelo llamado exponencial simple, cuya expresión matemática es la siguiente:  $Y = A / [1 + \text{EXP}(b - c \times t)]$ , donde: Y: brotación en %, en cualquier tiempo t; A: máxima brotación en %, valor asintótico; b: constante; c: factor que indica la tasa media de brotación potencial (% · día<sup>-1</sup>); t: tiempo en días (d). A partir de este modelo se derivaron las variables que caracterizan la dinámica de la brotación:  $t_e$ ,  $t_{50}$  y  $t_{90}$  (días para la aparición del primer brote, del 50% y 90% de la brotación máxima); también se determinó el porcentaje final de brotación (Anderson and Dusky, 1986).

Cuando los plantines presentaban dos a tres hojas expandidas, se consideró que ya estaban establecidos y en condiciones de ser trasplantados. En ese momento se determinó el peso fresco y el peso seco de la parte aérea y radicular por separado. Para esto, los plantines se lavaron



Figura 1. Secuencia de extracción de yemas aisladas *in situ*. Tucumán, Argentina, 2017.

con agua corriente y se secaron en papel absorbente. Con la ayuda de una tijera se separó cuidadosamente la porción aérea de la radicular. Posteriormente, tanto la parte aérea como la radicular se colocaron en bolsas de papel y se secaron en estufa a 60°C hasta peso constante para la determinación del peso seco. La altura se midió desde la base hasta la hoja +1 en cada plantín. Se evaluaron todas las plantas de cada bandeja.

**4. Evaluación de la calidad fabril de los tallos que quedan en pie luego de la extracción de las yemas**

La calidad fabril de los tallos que quedaron en pie luego de la extracción de las yemas se determinó a diferentes intervalos de tiempo después de la extracción (DDE: Días Después de la Extracción): T0 (al momento de la extracción); T1 (15 DDE); T2 (30 DDE) y T3 (45 DDE). Para esta determinación se extrajeron al azar tres muestras de 10 tallos pelados y correctamente despuntados de cada variedad, en cada momento de evaluación (0, 15, 30 y 45 DDE). En el Laboratorio de Química de la EEAOC se determinaron los siguientes parámetros de calidad: Brix % y Pol % jugo y se calculó el Pol % Caña y la Pureza %. Con estos valores se calculó el rendimiento fabril% utilizando la siguiente fórmula:  $Rdto. = (0,9065 * Pol \% jugo) - (0,259 * Brix \%)$ .

Se realizó análisis de la varianza (ANOVA) y la prueba de comparación de medias de Tukey con el 5% de probabilidad; el programa estadístico usado fue InfoStat (Software Estadístico, 2010) para Windows.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**1. Evaluación de las características físico-químicas de los sustratos**

Las características físico-químicas de los sustratos se muestran en la tabla 1. El pH fue ligeramente ácido para S1 y S2, respectivamente. Aunque S1 tuvo un pH menor que S2, ambos se encuentran en un rango adecuado para la mayoría de las especies cultivadas (Baixauli Soria y Aguilar Olivert, 2002; Masaguer y López Cuadrado, 2006). COT y MO fueron significativamente mayores en S1 ( $p < 0,05$ ). CE y los contenidos de N, P y K no registraron diferencias entre los sustratos. De Santi *et al.* (2016) concluyeron que valores de CE mayores de 0,7 dS m<sup>-1</sup> podrían provocar estrés salino en plántulas de caña. Los sustratos analizados se encuentran dentro del límite y no se observaron síntomas de estrés salino en los plantines producidos en ellos. La relación C/N fue de 3,5/1 y 3,0/1 para S1 y S2, respectivamente. Distintos autores afirman que valores menores a 20/1 son adecuados, indican una buena estabilidad del sustrato y evitan la inmovilización de nutrientes (Baixauli Soria y Aguilar Olivert, 2002; Masaguer y López Cuadrado, 2006). Conforme a estos resultados, en términos generales,

ambos sustratos pueden resultar adecuados para el crecimiento y desarrollo de los plantines de caña de azúcar.

S1 mostró mayores valores de PT y RH marcando diferencias significativas respecto a S2. DA fue significativamente menor en S1. Estos resultados se encuentran en concordancia con el mayor contenido de sustrato comercial y menor proporción de arena en S1 y las propiedades que estos materiales le otorgan a la mezcla respecto de la estructura resultante.

Muchos autores coinciden en que valores de PT% superiores a 80% y RH% entre 25 y 40% son adecuados para la mayoría de los cultivos (Baixauli Soria y Aguilar Olivert, 2002; Cruz-Crespo *et al.*, 2013; Villegas Torres *et al.*, 2017). De Santi *et al.* (2016), analizando sustratos comerciales a base de turba, encontraron valores promedio de DA y RH de 0,32 g cm<sup>-3</sup> y 44,3% respectivamente; mientras que Pire y Pereira (2011), en sustratos con 50% de componente inorgánico, obtuvieron 0,61 g cm<sup>-3</sup> y 79% para DA y PT, respectivamente.

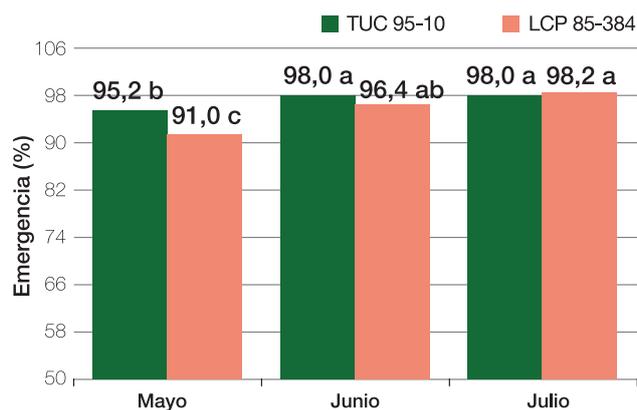
**2. Efecto de la época de extracción de yemas (edad de la caña semilla) sobre el porcentaje de emergencia**

Considerando los porcentajes de emergencia de las dos variedades en cada una de las épocas de extracción de yemas estudiadas (mayo, junio y julio, lo que equivale a ocho, nueve y diez meses de edad de la caña semilla), se observa que, en general, el porcentaje de brotación o emergencia fue alto en las tres épocas analizadas (entre el 91% y el 98%). Sin embargo, en mayo el porcentaje de emergencia fue significativamente menor que en las otras épocas. Además, en esta época de extracción el porcentaje de emergencia de TUC 95-10 fue mayor que el de LCP 85-384 (95,2% vs. 91,0%). Para junio y julio, los porcentajes de emergencia variaron entre el 96,4% y el 98,2%, sin encontrarse diferencias significativas entre estas dos épocas para ninguna de las variedades ensayadas. Tampoco se observaron diferencias en el porcentaje de brotación entre variedades para las yemas extraídas en junio y julio (Figura 2).

En todos los casos estudiados, los altos porcentajes de emergencia encontrados coinciden con los reportados por otros autores que trabajaron con las mismas condiciones de temperatura y humedad y con estacas de edades similares a las del presente estudio. Así, Digonzelli (2006) y Digonzelli *et al.* (2006) hallaron porcentajes finales de emergencia entre 96% y 98% para caña semilla de alta calidad, trabajando con las variedades CP 65-357, CP 48-103 y LCP 85-384. Romero *et al.* (2002) y Romero (2002) encontraron porcentajes finales de brotación potencial entre 87% y 70% para caña semilla de 7,5 y 10 meses de edad, respectivamente. Si bien estos autores no registraron diferencias significativas entre edad de las estacas ni entre variedades, el menor porcentaje de brotación se observó en la caña semilla cortada en el mes de mayo, coin-

**Tabla 1.** Características físico-químico de los sustratos ensayados. Tucumán, Argentina, 2017. Letras distintas indican diferencias significativas  $p \leq 0,05$ .

Tratamiento	pH	COT (%)	MO (%)	P (%)	K (%)	N (%)	CE (dSm <sup>-1</sup> )	PT (%)	RH (%)	DA (gr cm <sup>-3</sup> )
S1	5,7 b	2,1 a	9,9 a	0,02 a	0,15 a	0,6 a	0,7 a	59,58 a	52,74 a	0,65 b
S2	6,1a	1,5 b	5,1 b	0,02 a	0,08 a	0,5 a	0,7 a	52,27 b	46,10 b	0,91 a
DLS	0,2069	0,5152	2,3155	0,013	0,0722	0,1752	0,1851	1,7286	4,1072	0,0759



**Figura 2.** Porcentaje de emergencia en las tres épocas de extracción de yemas para las dos variedades estudiadas. Tucumán, Argentina, 2017. Letras distintas indican diferencias significativas  $p \leq 0,05$ .

cidente con lo reportado en el presente estudio. Por otra parte, Buenaventura Osorio (1990) y Victoria y Calderon (1995) reportaron que la edad adecuada para la caña semilla está entre los siete y diez meses. Landell *et al.* (2012) señalaron la edad de 6 a 10 meses como la adecuada para que las yemas de caña de azúcar puedan ser utilizadas en la producción de plantines. Cabe resaltar que en el presente trabajo la edad de las estacas estuvo, en las tres épocas de extracción de yemas estudiadas, dentro del rango considerado adecuado para favorecer la brotación de estas.

En la Tabla 2 se muestra el contenido de humedad de las yemas aisladas para ambas variedades y las tres épocas de extracción analizadas.

**Tabla 2.** Contenido porcentual de humedad de las yemas aisladas en las tres épocas de extracción y para las dos variedades estudiadas. Tucumán, Argentina, 2017. DLS: 2,04195. Letras distintas indican diferencias significativas  $p \leq 0,05$ .

Variedad	Contenido de humedad de las yemas aisladas (%)		
	Mayo	Junio	Julio
LCP 85-384	72,1 c	71,1 c	75,3 a
TUC 95-10	74,8 ab	72,5 c	72,9 bc

El contenido de humedad de las yemas de LCP 85-384 fue similar en mayo y junio (72,1% y 71,1%, respectivamente) y significativamente mayor en julio (75,3 %). Las yemas de TUC 95-10 presentaron el mayor contenido de humedad en mayo (74,8%), el cual fue similar al de julio (72,9%). Por otra parte, el contenido de humedad en las yemas de esta variedad en junio (72,5%) resultó similar al de julio pero menor al de mayo. Sin embargo, cabe aclarar que en todos los casos estudiados el contenido de humedad de las yemas no fue restrictivo para la brotación, ya que varió entre el 71% y el 75 %. Romero *et al.* (2002) encontraron porcentajes de humedad en estacas de caña de azúcar que variaron entre 77% a los siete meses de edad a 64% a los 14 meses. Por su parte, Digonzelli (2006) reportó, para la variedad LCP 85-384, que el contenido de humedad de estacas uninodales se modificó con la edad de la estaca desde un 77% a los siete meses al 71% a los 10 meses. Los trabajos de Singh and Kanwar (1986),

Romero *et al.* (2002) y Digonzelli (2006) indican que existe una correlación positiva entre el contenido de humedad de las estacas y la brotación de estas.

### 3. Efecto de los diferentes sustratos y del uso de fungicida sobre el porcentaje de emergencia

En las Tablas 3 y 4 se observa el efecto de los diferentes sustratos y del uso o no de fungicida sobre la emergencia de las yemas de caña de azúcar, analizado para cada época de extracción y para cada una de las variedades estudiadas.

En ninguna de las épocas los sustratos afectaron el porcentaje de emergencia de las yemas de las variedades evaluadas (Tabla 3). Masukume (2016) encontró diferencias significativas en emergencia al comparar sustratos netamente orgánicos con otros que estaban constituidos por mezclas de materiales orgánicos e inorgánicos, atribuyendo este resultado a mejores condiciones de aireación y retención hídrica. Las diferencias en porosidad encontradas en el presente trabajo, aunque significativas, no resultaron determinantes para el parámetro emergencia.

En relación al uso de fungicidas, en LCP 85-384 se obtuvo un porcentaje de emergencia significativamente mayor con el empleo del carbendazim para las yemas extraídas en mayo y junio, mientras que para la extracción de julio no hubo diferencias significativas con el uso de ese producto. En el caso de TUC 95-10 no hubo diferencias en el porcentaje de emergencia con el uso del fungicida en ninguna de las épocas evaluadas (Tabla 4). El uso del fungicida para la variedad LCP 85-384 mejoró la emergencia de las yemas de caña de azúcar en un 9,2% para mayo, y un 3,2% para junio. Para esta variedad, los porcentajes de emergencia variaron entre 95,6% y 98,8% y entre

**Tabla 3.** Porcentaje de emergencia para las dos variedades en los dos sustratos estudiados. Tucumán, Argentina, 2017. DLS: 2,56260. Letras distintas indican diferencias significativas  $p <= 0,05$ .

Tratamientos	% Emergencia					
	TUC 95-10			LCP 85-384		
	Mayo	Junio	Julio	Mayo	Junio	Julio
Sustrato 1	95,60 bc	97,20 abc	98,4 a	90,00 d	95,60 bc	97,6 ab
Sustrato 2	94,80 c	98,8 a	97,60 ab	92,00 d	97,20 abc	98,8 a

**Tabla 4.** Porcentaje de emergencia de las dos variedades, en las tres épocas de extracción de yemas con y sin el empleo de fungicida. Valores promedio de los dos sustratos utilizados. Tucumán, Argentina, 2017. DLS: 2,56260. Letras distintas indican diferencias significativas  $p <= 0,05$ .

Tratamientos	% Emergencia					
	TUC 95-10			LCP 85-384		
	Mayo	Junio	Julio	Mayo	Junio	Julio
Con Fungicida	95,2 cd	98,4 a	99,2 a	95,6 bcd	98,0 ab	98,8 a
Sin Fungicida	95,2 cd	97,6 abc	96,8 abcd	86,4 e	94,8 d	97,6 abc

86,4% y 97,6% para los tratamientos con y sin fungicidas, respectivamente. En el caso de TUC 95-10 los porcentajes de emergencia estuvieron entre 99,2% y 95,2% con el uso de fungicida, y entre 97,6% y 95,2% sin fungicida. Existen referencias a un efecto positivo del uso de estas

sustancias en el crecimiento inicial de yemas de caña de azúcar. Landell *et al.* (2012) y Landell *et al.* (2013) indican que algunos fungicidas como, por ejemplo, los que son a base de azoxistrobina o pyraclostrobin, son tratamientos complementarios que mejoran la sanidad e inicialmente el vigor de las yemas de caña de azúcar.

#### 4. Dinámica de la brotación o emergencia

##### a. Efecto de la época de extracción de las yemas

En la Tabla 5 se muestran los resultados del análisis del  $t_e$ ,  $t_{50}$  y  $t_{90}$  (días para la aparición del primer brote, del 50% y del 90% de la brotación, respectivamente), considerando las diferentes épocas de extracción de las yemas. Estas variables indican la duración de la brotación.

Como se observa en la Tabla 5, no hubo diferencias significativas en el tiempo para la aparición del primer brote ni en el tiempo para alcanzar el 50% de la brotación entre las tres épocas de extracción de yemas evaluadas. Sin embargo, el 90% de la brotación se alcanzó más rápidamente en el caso de las yemas extraídas en junio y julio (12,6 y 12,2 días, respectivamente) frente a las extraídas en mayo, época en que la brotación se extendió por más tiempo (14 días).

##### b. Efecto de la variedad

La Tabla 6 compara las variables que indican la duración de la brotación ( $t_e$ ,  $t_{50}$  y  $t_{90}$ ) entre ambas variedades estudiadas.

**Tabla 5.** Días para la aparición del primer brote ( $t_e$ ), del 50% ( $t_{50}$ ) y del 90% de la brotación ( $t_{90}$ ), para las diferentes épocas de extracción de las yemas. Promedio de las dos variedades, sustratos y uso de fungicida. Tucumán, Argentina, 2017. DLS  $t_e$ : 1,1840; DLS  $t_{50}$ : 0,9555 y DLS  $t_{90}$ : 1,0189. Letras distintas indican diferencias significativas  $p <= 0,05$ .

Época de extracción de yemas	$t_e$ (días)	$t_{50}$ (días)	$t_{90}$ (días)
Mayo	9,27 a	11,4 a	14,0 a
Junio	9,51 a	11,0 a	12,6 b
Julio	9,60 a	10,8 a	12,2 b

La Tabla 6 muestra que la variedad TUC 95-10 inició, generalizó y finalizó la brotación antes que LCP 85-384. Según Lucchesi (2008) y Segato *et al.* (2006), existen cultivares de brotación rápida y otros de brotación más lenta, dependiendo de factores genéticos, edad, concentración de azúcares y también de condiciones edafoclimáticas.

Los resultados mostrados en la Tabla 6 concuerdan con la información presentada por Cuenya *et al.* (2009) y Cuenya *et al.* (2011), quienes indican que la variedad LCP 85-384 presenta una brotación y emergencia lenta, mientras que TUC 95-10 tiene una brotación y crecimiento inicial más acelerados.

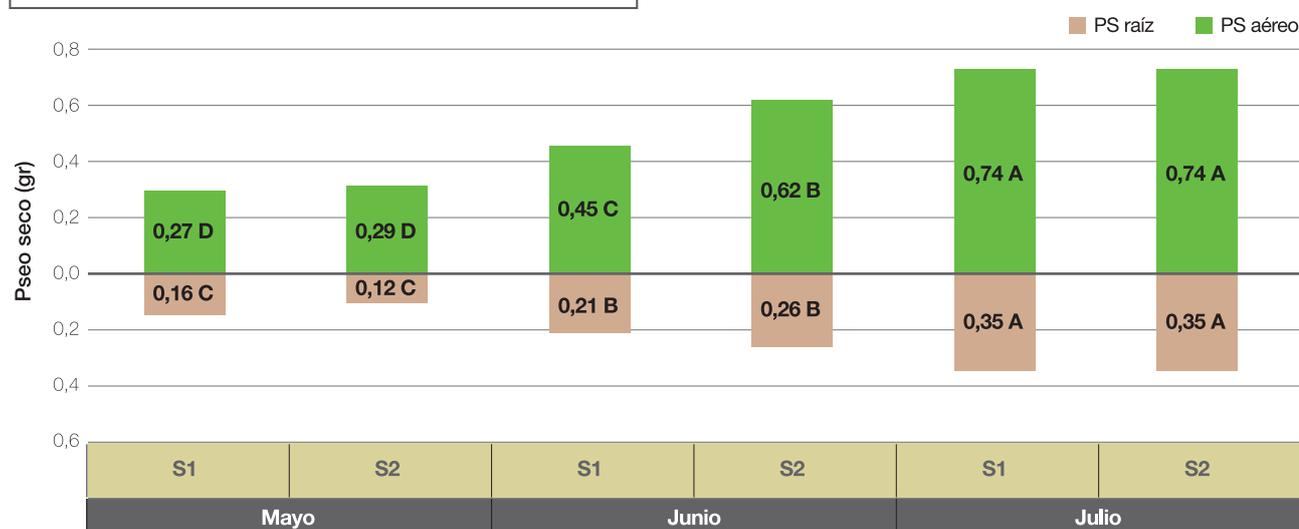
#### 5. Peso seco y altura de los plantines

El análisis del peso seco de la parte aérea de los plantines en la variedad LCP 85-384 mostró un efecto significativo de la época de extracción de las yemas y del sustrato, así como una interacción significativa entre ambos efectos. Por otro lado, sobre el peso seco de la parte radicular solo tuvo efecto significativo la época de extracción (Figura 3).

LCP 85-384 presentó un peso seco de la parte aérea mayor con S2 solamente en la época de extracción de yemas de junio, mientras que el peso seco de las raíces fue similar con ambos sustratos en todas las épocas. Ohashi *et al.* (2016), trabajando con diferentes sustratos, encontraron mayor crecimiento vegetativo en caña de azúcar cuando la DA fue de 0,65 gr cm<sup>-3</sup> respecto a mezclas

**Tabla 6.** Días para la aparición del primer brote ( $t_e$ ), del 50% ( $t_{50}$ ) y el 90% de la brotación ( $t_{90}$ ), para las dos variedades evaluadas. Promedio de las épocas de extracción, sustratos y fungicidas. Tucumán, Argentina, 2017. DLS  $t_e$ : 0,9667; DLS  $t_{50}$ : 0,7802 y DLS  $t_{90}$ : 1,0189. Letras distintas indican diferencias significativas  $p <= 0,05$ .

Variedad	$t_e$ (días)	$t_{50}$ (días)	$t_{90}$ (días)
LCP 85-384	11,8 a	12,8 a	14,0 a
TUC 95-10	7,2 b	9,4 b	12,1 b



**Figura 3.** Peso seco de parte aérea y radicular de LCP 85-384 considerando los 2 sustratos y las 3 épocas de extracción de yemas. Tucumán, Argentina, 2017. Letras distintas indican diferencias significativas  $p <= 0,05$ .

con DA de 1 g cm<sup>-3</sup>, atribuyendo esto a mejoras en las condiciones físicas y mayor eficiencia del uso del agua producidas por mayores proporciones de turba en las mezclas. Da Cunha Braga *et al.* (2019) obtuvieron mayor masa vegetativa y altura de plantines con PT de 81% y DA de 0,35 g cm<sup>-3</sup>. Diversos autores llegaron a similares resultados respecto a la influencia del mayor contenido orgánico en las mezclas y su efecto sobre las propiedades físicas y químicas del sustrato (Diaz *et al.*, 2004; Xavier *et al.*, 2014; Pineda Ruiz *et al.*, 2018). Por otro lado, De Santi *et al.* (2016; 2017) no encontraron diferencias entre distintos sustratos de naturaleza orgánica en el comportamiento vegetativo en vivero y en el número de tallos en condiciones de campo, aunque las características físicas de dichos sustratos fueron similares entre sí.

En el caso de TUC 95-10, sobre el peso seco de la parte aérea y radicular solo se observó un efecto significativo de la época de extracción de las yemas, mientras que el sustrato no afectó al peso seco de los plantines y tampoco se observó una interacción significativa entre ambos efectos (Figura 4).

Como puede observarse en las Figuras 3 y 4, en términos generales, las plántulas de ambas variedades presentaron diferencias significativas en el peso seco de la parte aérea y radicular según la época de extracción de las yemas. Los plantines producidos a partir de yemas extraídas en julio mostraron mayor peso seco de parte aérea y radicular que los obtenidos a partir de yemas extraídas en junio y mayo. A la vez estos últimos presentaron el menor peso seco tanto de parte aérea como radicular.

En la Figura 5, se muestran los resultados correspondientes a la altura (cm) de los plantines de ambas variedades según las diferentes épocas de extracción de yemas. Sobre este parámetro se observó un efecto significativo de la época de extracción de yemas y de la variedad. También se observó una interacción significativa entre época y variedad. El sustrato no afectó significativamente a la altura de los plantines.

En LCP 85-384, los plantines obtenidos a partir de las yemas extraídas en julio alcanzaron una altura mayor que los obtenidos a partir de yemas extraídas en mayo y junio, los cuales no se diferenciaron entre sí. Los plantines de julio presentaron una altura 24,8% superior

respecto de los de junio y 27,5% superior respecto de los de mayo.

En el caso de TUC 95-10, las plántulas con mayor altura se obtuvieron a partir de las yemas extraídas en julio, aunque para esta variedad se observaron diferencias significativas entre las tres épocas de extracción de las yemas.

Los plantines obtenidos a partir de las yemas extraídas en julio tuvieron una altura un 20,3% mayor que los obtenidos a partir de las extraídas en junio y un 39,9% más que los obtenidos a partir de las extraídas en mayo.

En todos los casos los plantines de TUC 95-10 fueron de mayor altura que los de LCP 85-384. Esto es coincidente con las características señaladas para la variedad por Cuenya *et al.* (2009) y Cuenya *et al.* (2011). Además, este resultado se encuentra en concordancia con el menor peso seco de la parte aérea y radicular encontrados en la variedad LCP 85-384.

Los resultados indican que en el momento en que los plantines alcanzaron un nivel de desarrollo indicado por la presencia de tres hojas expandidas, el material vegetal obtenido a partir de yemas de 10 meses de edad (julio) presentó mayor crecimiento que el obtenido a partir de yemas de 8 y 9 meses.

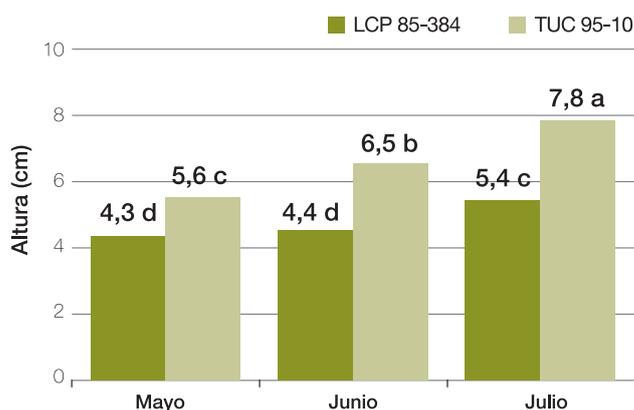


Figura 5. Altura de plántulas (cm) de las dos variedades en las tres épocas de plantación, valores promedio de los dos sustratos. Tucumán, Argentina, 2017. Letras distintas indican diferencias significativas p<= 0,05.



Figura 4. Peso seco de parte aérea y radicular de TUC 95-10 considerando los 2 sustratos y las 3 épocas de extracción de yemas. Tucumán, Argentina, 2017. Letras distintas indican diferencias significativas p<= 0,05.

**Tabla 7.** Rendimiento fabril (%) de la caña de azúcar a diferentes intervalos de tiempo desde la extracción de las yemas. Tucumán, Argentina, 2017. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

		Época de extracción											
		Mayo				Junio				Julio			
Días desde extracción de la yema (DDE)		0	15	30	45	0	15	30	45	0	15	30	45
<b>LCP 85-384</b>	Rto% fabril con yemas	8,4a	9,4b	9,75b	10,4b	10,8a	11,4a	12,2b	11,7b	11,3a	12,9b	13,3b	12,9b
	Rto% fabril sin yemas	8,4a	7,2a	6,68a	7,2a	10,8a	10,4a	10,7a	8,8a	11,3a	11,2a	10,5a	9,9a
<b>TUC 95-10</b>	Rto% fabril con yemas	7,4a	8,2b	9,2b	9,8b	9,6a	9,6a	9,6a	10,2b	10,7a	12,2b	12,7b	12,6b
	Rto% fabril sin yemas	7,4a	7,3a	7,4a	8,3a	9,6a	9,4a	9,0a	8,9a	10,7a	10,6a	9,0a	10,6a

**6. Calidad fabril de los tallos dejados en pie luego de la extracción de las yemas**

La Tabla 7 muestra el rendimiento fabril % de los tallos con y sin yemas que quedaron en pie, el día de la extracción y a los 15, 30 y 45 días después de la extracción (DDE), para los meses de mayo, junio y julio.

Este análisis permite ver que existe un proceso de deterioro en los tallos de caña de azúcar sometidos a la extracción de yemas. Así, en LCP 85-384, en las épocas de extracción de mayo y julio, el rendimiento fabril de los tallos sin yemas fue significativamente menor a partir de los 15 DDE, y solo para la época de extracción de junio se mantuvo sin diferencias hasta los 30 DDE. TUC 95-10 se comporta de manera similar, con la ventaja de que para la época de extracción de junio el rendimiento fabril disminuyó significativamente recién en la evaluación realizada a los 45 DDE. Por lo tanto, como era de esperar, los tallos sin extracción de yemas presentan, en general, un rendimiento fabril mayor que aquellos en los que fueron extraídas. Por ello, los tallos utilizados para la extracción de las yemas deberían ser cosechados antes de los 15 días desde ese procedimiento para evitar pérdidas significativas de rendimiento fabril y ser aprovechados en la industria.

Este comportamiento se explica debido a que cuando se sacan las yemas se producen heridas en los tallos que permiten el ingreso de microorganismos que ocasionan pérdidas de calidad fabril de la caña de azúcar. Entre ellos se destacan las bacterias del género *Leuconostoc*, especialmente *Leuconostoc mesenteroides*, considerado el principal agente causal del biodeterioro de la caña de azúcar. Estos microorganismos producen polisacáridos (dextranas) utilizando la sacarosa como materia prima, y reducen por lo tanto el rendimiento fabril de la misma (Larrahondo, 1995; Gillian and Harper, 2006; Solomon *et al.*, 2006).

**CONCLUSIONES**

- Las épocas de extracción de yemas con los mejores resultados en la producción de plantines de caña de azúcar fueron las de los meses de junio y julio (9 y 10 meses de edad), especialmente este último.
- En general, los diferentes sustratos ensayados no afectaron la emergencia; y en el caso del empleo de fungicidas, solo en LCP 85-384 se observó un efecto positivo.
- Los plantines obtenidos a partir de yemas extraídas en julio y, en segundo lugar, en junio presentaron un crecimiento superior respecto a los originados de yemas extraídas en mayo.
- La disminución del rendimiento fabril % aumen-

ta a medida que transcurren los días desde la extracción de las yemas; por lo tanto, los tallos deberían ser cosechados hasta 15 días después de extraídas aquellas para ser utilizados en la industria.

**AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen a la empresa BASA, Tucumán, Argentina por el apoyo económico y la activa participación en la concreción de esta y otras experiencias incluidas en el proyecto Tecnocaña (2013-2017); y a la sección Química de la EEAOC por la realización de las evaluaciones de calidad fabril.

**BIBLIOGRAFIA CITADA**

**Abad-Berjon, M.; P. Noguera-Murray y C. Carrión-Benedito. 2004.** Los sustratos en los cultivos sin suelo. En: Urrestarazu-Gavilán. Cultivo sin suelo. Madrid: Mundi Prensa, pp. 113-158.

**Anderson, D. L. and J. A. Dusky. 1986.** Mathematical model interpretation of sugar cane bud germination. Sugar Cane (6): 6- 10.

**Ansorena Miner, J. 1994.** Sustratos. Propiedades y caracterización. Mundi-Prensa. Madrid, España. ISBN: 84-7114-481-6.

**Baixauli Soria, C. y J. Aguilar Olivert. 2002.** Cultivo sin suelo de Hortalizas: aspectos prácticos y experiencias. Serie Divulgación Técnica 53. Generalitat Valenciana, Valencia. España, pp.110.

**Buenaventura Osorio, C. E. 1990.** Semilleros y siembra de la caña de azúcar. Serie Técnica 6. CENICAÑA, Calí, Colombia. p.10.

**Cruz-Crespo, E.; A. Can-Chulim; M. Sandoval-Villa; R. Bugarín-Montoya; A. Robles-Bermúdez y P. Juárez-López. 2013.** Sustratos en la horticultura. Revista Bio Ciencias 2 (2): 17-26.

**Cuenya, M. I.; E. Chavanne; M. Ahmed; C. Díaz Romero; M. B. García; M. Espinoza; S. Ostengo y D. Costilla. 2009.** Variedades de caña de azúcar. En: Manual del Cañero. Romero, E. R.; P. A. Digonzelli y J. Scandaliaris (Eds), pp. 35-46.

**Cuenya, M. I.; E. Chavanne; S. Ostengo; M. B. García; M. Ahmed; D. Costilla; C. Díaz Romero; M. Espinoza, N. Delgado y J. Díaz. 2011.** Comportamiento productivo y fitosanitario de TUC 95-10, una nueva variedad de caña de azúcar producida por la EEAOC. Avance Agroindustrial 32 (4):14-21.

**Da Cunha Braga, N. C.; E. da Costa Severiano; L. de Sousa Santos; A. R. Neto; T. M. Rodrigues and**

- J. D. P. Lima. 2019.** Production of sugarcane seedlings pre-sprouted in commercial and alternative substrates with by-products of the sugarcane industry. *Semina: Ciências Agrárias* 40 (1): 33-48.
- De Santi, P. H. P.; A. L. Scavazza e R. Marcio. 2017.** Perfilamento de cana-de-açúcar em função do sistema de plantio. XI work shop agroenergia. IAC. Riberao Preto. S.P.
- De Santi, P. H. P.; A. L. Scavazza; A. L. Belloni; M. R. Soares; J. C. Casagrande; S. D. Sartorio; K. S. Soares Rocha; J. A. Lara Lavorenti; C. A. Santana; J. A. Ferreira e A. C. Silva Zina. 2016.** Desenvolvimento de mudas pré-brotadas (mpb) de cana-de-açúcar em diferentes substratos. X work shop agroenergia. IAC. Riberao Preto. S.P.
- Díaz, L.; L. Medina; J. Latife y P. Digonzelli. 2004.** Aclimatación de plantas micropropagadas de caña de azúcar utilizando el humus de lombriz. *INTA. Argentina, RIA* 33 (2): 115-128.
- Digonzelli, P. A.; J. A. Giardina; M. Medina; S. Fajre; D. Duarte; J. F. Pérez Alabarce; A. Criado y M. Romero. 2015.** Caña semilla de alta calidad. En: *Guía Técnica del Cañero*. Digonzelli, P. A.; E. R. Romero y J. Scandaliaris (Eds), pp. 139-153.
- Digonzelli, P. A. 2013.** Diagnóstico tecnológico de la obtención de caña semilla de alta calidad mediante producción de vitroplantas. Trabajo Final de la Especialización en Gerencia y Vinculación Tecnológica. GTEC-Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva- Universidad Nacional de Tucumán.
- Digonzelli, P. A.; J. A. Giardina; J. Fernández de Ullivarri; S. D. Casen; M. J. Tonatto; M. F. Leggio Neme; E. R. Romero y L. G. P. Alonso. 2009.** Caña semilla de alta calidad. En: *Manual del Cañero* (E. R. Romero; P. A. Digonzelli y J. Scandaliaris. (Eds), pp. 45-56.
- Digonzelli, P. A. 2006.** Evaluación comparativa de la brotación potencial y de la dinámica de la emergencia y crecimiento inicial de caña semilla obtenida mediante las técnicas de micropropagación y propagación tradicional. Tesis de Magister inédita. Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina.
- Digonzelli, P. A.; E. R. Romero; J. Scandaliaris; O. Arce; J. Fernández de Ullivarri; M. J. Tonatto y M. F. Leggio Neme. 2006.** Dinámica de la brotación potencial de caña semilla micropropagada y termotrata-da de tres cultivares de caña de azúcar. *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán* 83 (1-2):1-7.
- Fandos, C.; J. Scandaliaris; P. Scandaliaris; J. Carreras Baldrés; F.J. Soria; J. Giardina; J. Fernández de Ullivarri y E. R. Romero. 2019.** Área cosechable y producción de caña de azúcar y azúcar para la zafra 2019. Tucumán. Reporte Agroindustrial EEAOC 166.
- Ferreira Morgado, I.; J. G. de Araujo Carneiro; P. S. dos Santos Leles y D. Guerra Barbosa. 2000.** Resíduos agroindustriais prensados como substrato para produção de mudas de cana-de-açúcar. *Ciência Agrícola* 57 (4): 709-712.
- Fonteno, W. C. and C.T. Harden. 2003.** Procedures for determining physical properties of horticultural substrates using the NCSU porometer. NC State Univ., Raleigh.
- Gillian, E. and W. Harper. 2006.** Determination of sugarcane deterioration at the factory: Development of a rapid, easy and inexpensive enzymatic method to measure mannitol. *Food Chemistry* 98: 366-372.
- Instituto de Promoción del Azúcar y alcohol de Tucumán (IPAAT). 2019.** Informes de Producción. [En línea] Disponible en <http://www.ipaat.gov.ar/index.php/informes-de-produccion/datos-zafra-2019/>. (consultado abril 2020).
- Landell, M. G. A.; M. P. Campana; P. Figueiredo; M. A. Xavier; I. A. Anjos; L. L. Dinardo-Miranda; M. S. Scarpari; J. C. Garcia; M. A. P. Bidóia; D. N. Da Silva; J. R. Mendonça; R. A. Días Kanthack; M. Ferraz de Campos; S. R. Brancaliao; R. E. Petri e P. E. M. Miguel. 2013.** Sistema de multiplicação de cana de açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas. Documento IAC, Campinas, pp.109.
- Landell, M. G. A.; M. P. Campana; P. Figueiredo; M. A. Xavier; I. A. Anjos; L. L. Dinardo-Miranda; M. S. Scarpari; J. C. Garcia; M. A. P. Bidóia; D. N. Da Silva; J. R. Mendonça; R. A. Días Kanthack; M. Ferraz de Campos; S. R. Brancaliao; R. E. Petri e P. E. M. Miguel. 2012.** Sistema de multiplicação de cana de açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas. Documento IAC, Campinas. 109. p. 16.
- Larrahondo, J. E. 1995.** Calidad de la caña de azúcar. En: *CENICAÑA. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali, CENICAÑA, 1995*, pp. 337-354.
- Lucchesi, A. A. 2008.** Cana de açúcar. En: Castro, P. R. C.; R. A. Kluge e I. Sestari. (Eds.). *Manual de fisiología vegetal: fisiología de cultivos*. Piracicaba: CERES: 58-76.
- Macías, R. R.; E. G. A. González; G. I. Covarrubias; F. Z. Natera; P. M. G. López; M. A. R. López y E. S. Pérez. 2010.** Caracterización física y química de sustratos agrícolas a partir de bagazo de agave tequilero. *Interciencia* 35 (7): 515-520.
- Masaguer, A. y M. López Cuadrado. 2006.** Sustratos para viveros. *Viveros II Extra 2006. Horticultura Internacional: 44-51.*
- Masukume, S. 2016.** The effect of plant media and intra-row spacing using bud chip technology on growth and yield of sugarcane (*Saccharum officinarum* L) varieties. Bachelor of Science Agronomy Honours Degree thesis. Midlands State University, Zimbabwe.
- Ohashi, A. Y. P.; M. A. Xavier; J. C. Garcia; R. H. Petri; L. P. M. Silva e R. C. de Matos Pires. 2016.** Crescimento e eficiência no uso da água de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar em diferentes substratos. 10º Congresso Nacional STAB, Ribeirão Preto, SP-Brasil, pp. 212-216.
- Pire, R. y A. Pereira. 2011.** Estabilidad de las propiedades físicas de sustratos hortícolas de uso común en el estado Lara, Venezuela. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología* 29: 80-88.
- Pineda Ruiz, E.; F. Acosta Hernández; D. I. Fernández; D. Núñez Jaramillo; A. R. Hernández Freires; O. de la C. Aday Díaz; Z. Occeguera Águila; P. Machado Armas; M. Jiménez Vázquez; E. Toledo Rodríguez y R. Más Martínez. 2018.** Nuevo sustrato para la aclimatización de vitroplantas de caña de azúcar. *Ctro. Agr.* 45 (3). Santa Clara, Cuba. Versión impresa ISSN 2072-2001. Versión On-line ISSN 0253-5785.

- Romero, E. R. 2002.** Dinámica de la brotación, emergencia y crecimiento inicial de la caña de azúcar. Efecto del genotipo, factores ambientales y manejo. Tesis para optar al grado de Doctor en Agronomía. Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán, pp. 203.
- Romero, E. R.; M. Rufino; J. Scandaliaris; C. Fandos; F. Pérez Zamora; L. Alonso y R. Rufino. 2002.** Capacidad potencial de brotación de la caña semilla. *Rev. Avance Agroindustrial* 23 (2): 3-6.
- Salgado, S.; L. Lagunes; R. Nuñez; C. Ortiz; L. Bucio y E. Aranda. 2013.** Caña de azúcar: producción sustentable. 1<sup>ta</sup> ed. Texcoco, Estado de México (México): Editorial del colegio de postgraduados, pp. 524. ISBN: 978-607-715-091-6
- Segato, S. V.; C. F. M. Mattiuz e A. E. Mozambani.** Aspectos fenológicos da cana de açúcar. 2006. En: Segato, S.V.; Pinto, A. S.; Jendiroba, E.; Nóbrega, J. C. M. (Ed). *Atualização em produção de cana de açúcar*. Piracicaba: 19-36.
- Singh, O. and R. S. Kanwar. 1986.** Association of some cane sett assimilates with germination. *SugarCane* (2): 7-10.
- Solomon, S.; R. Banerji; A. K. Shrivastava; P. Singh; I. Singh; M. Verna; C. P. Prajapati and A. Sawnani. 2006.** Post-harvest Deterioration of Sugarcane and Chemical Methods to Minimize Sucrose Losses. *SugarTech* 8 (1): 74-78.
- Van Dillewijn, C. 1952.** Botany of sugarcane. Ed. Waltham, Mass., U.S.A. The Chronica Botanical Co. Book.
- Victoria, J. y H. Calderón. 1995.** Establecimiento de semilleros y multiplicación de variedades. En: El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Casalet Davila, Torres Aguas y Echeverri (Eds). *Cenicafña*. Cali, Colombia, pp. 115-129.
- Villegas Torres, O. G. V.; M. L. D. Patiño; M. A. Pérez; M. A. Rodríguez; H. S. Nava; M. A. Rangel Cortez; C. Castillo Carpintero & M. D. C. M. Salazar. 2017.** Sustrato como material de última generación. *OmniaScience*.
- Xavier, M. A.; M. G. A. Landell; M. P. Campana; P. Figueiredo; J. R. Mendonça; L. L. Dinardo-Miranda; M. S. Scarpari; J. C. García; I.A. Anjos; C. A. M. Azania; S. R. Brancalio; R. A. D. Kanthack; G. Aferrri; D.N. Silva; M. A. P. Bidoia; M. F. Campos; D. Perruco; R. S. Matsuo; J. C. T. Neves; J. R. Cassaneli Junior; L. Perruco; R. H. Petri; T. N. Silva; V. H. P. Silva; J. R. Thomazinho Junior; P. E. N. Miguel e C. M. Lorezanto. 2014.** Fatores de Desuniformidade e Kit de Pré-Brotacao IAC para Sistema de Multiplicacao de Cana de Azúcar (MPB). *Documentos IAC*, 113. Campinas: pp. 22.