

Efecto de la profundidad de siembra en la dinámica de la emergencia de tres híbridos de sorgo azucarado

María M. Medina*, Javier A. Tonatto*, Agustín Sánchez Ducca*,
Pablo Fernández González*, Sergio D. Casen* y Eduardo R. Romero*.

RESUMEN

La emergencia y establecimiento del cultivo de sorgo es una etapa crítica en el ciclo productivo. Debido al pequeño tamaño de la semilla, no deben realizarse siembras profundas a fin de obtener una emergencia uniforme del cultivo. Varios investigadores han encontrado diferencias en la emergencia entre los genotipos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la profundidad de siembra sobre la dinámica de la emergencia de plántulas de tres híbridos de sorgo azucarado. Se trabajó con los híbridos Argensil 165 Bio, Adv 2010 y AMF 543 y las profundidades de siembra fueron de 2 cm, 4 cm y 7 cm. El diseño experimental fue completamente aleatorizado con cinco repeticiones. Se realizaron diariamente evaluaciones de la emergencia, desde la siembra hasta el décimo día, momento en el que se produjo la estabilización de la misma. La profundidad de siembra influyó significativamente en la emergencia de las plántulas y en el establecimiento de los híbridos estudiados. La emergencia mostró diferencias entre los genotipos evaluados. Una profundidad de siembra mayor a 4 cm provocó una reducción de la emergencia y una demora de la misma en todos los genotipos, aunque con diferencias de intensidad. Argensil 165 Bio emergió adecuadamente entre 2 y 4 cm, pero no toleró profundidades mayores. AMF 543 inició la emergencia en forma más temprana en las tres profundidades evaluadas. Adv 2010 alcanzó el mayor porcentaje final de plántulas emergidas en las tres profundidades.

Palabras clave: *Sorghum bicolor*, implantación, genotipos.

ABSTRACT

Effect of planting depth on the emergency dynamic of three sweet sorghum hybrids

The emergence and establishment of sorghum is a critical stage in the productive cycle of this crop. Due to the small size of the seed, deep seeding should be avoided in order to obtain a good uniformity of the crop. Several researchers have found differences in the emergence between sorghum genotypes. The objective of this work was to evaluate the effect of planting depth on the dynamics of the emergence of seedlings of three sweet sorghum hybrids. The tested hybrids were Argensil 165 Bio, Adv 2010 and AMF 543. The planting depths were: 2, 4 and 7 cm. The experimental design was completely randomized with five replications. Emergence evaluations were done daily, from planting until the tenth day, when the stabilization occurred. Planting depth significantly influenced the emergence of the seedlings and the establishment of the studied hybrids. Emergence showed differences between the evaluated genotypes. A planting depth deeper than 4 cm caused a reduction in the emergence and a delay in all genotypes although differences in intensity were registered. Argensil 165 Bio emerged adequately between 2 and 4 cm, but does not tolerated depths deeper. AMF 543 started its emergence earlier in the three depths evaluated. Adv 2010 reached the highest final percentage of seedlings emerged in all three depths.

Key words: *Sorghum bicolor*, implantation, genotypes.

Fecha de recepción: 05/02/2020 - Fecha de aceptación: 29/10/2020

* Ing. Agr., Sección Subprograma Agronomía de la Caña de Azúcar, EEAOC. E-mail: mmedina@eeaoc.org.ar

INTRODUCCIÓN

Entre los cultivos energéticos potencialmente aptos para la producción de biocombustibles se destaca el sorgo azucarado (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), caracterizado por poseer tallos con jugos ricos en azúcares que pueden utilizarse para la producción de bioetanol de primera generación a partir de la fermentación directa de aquel (Romero *et al.*, 2012).

Una etapa crítica en el ciclo productivo de estos sorgos es la emergencia y establecimiento del cultivo. Al momento de su implantación son muchos los factores que pueden influir en esta etapa. El nivel de labranza, los agregados del suelo, la distribución de las semillas en la cama de siembra, la sanidad y poder germinativo de la semilla, el vigor de las plántulas y la profundidad de siembra son los principales determinantes de la emergencia y del establecimiento del cultivo (McCloy, 1980).

En el caso del sorgo, debido al pequeño tamaño de la semilla no deben realizarse siembras profundas. Se recomienda colocar la semilla entre 2 y 4 cm de profundidad, en la capa de mayor humedad del suelo, procurando una buena distribución en la hilera de siembra, a fin de obtener una buena uniformidad del cultivo (Foresin *et al.*, 1997).

Varios investigadores han encontrado diferencias en la emergencia entre los genotipos. Vanderlip *et al.* (1973), reportaron que los lotes de semillas de sorgo fueron muy diferentes en cada variable que se midió en la germinación y en otras pruebas de vigor. Somman and Peacock (1985), trabajando con cuatro temperaturas y 26 genotipos, encontraron que ambos factores fueron altamente significativos en la determinación de la emergencia.

Para Detoni (1997), las diferencias en la emergencia entre los materiales genéticos podrían estar relacionadas no con el genotipo *per se*, sino con otros factores intrínsecos de la semilla. Así, el estrés sufrido durante la formación de las semillas y los tratamientos de almacenamiento, entre otros, pueden afectar el vigor y reducir la emergencia en el campo.

Los genotipos pueden reaccionar de manera diferente cuando son sometidos a situaciones de estrés tales como daños por insectos, encostramiento superficial del suelo, suelos demasiado húmedos o secos, demasiado calientes o fríos, enfermedades y problemas al momento de la siembra, todo lo cual puede resultar en una reducción del stand de plantas (Detoni, 1997).

Detoni (1997) concluyó que el mesocótilo es una parte importante de la plántula de sorgo, y su desarrollo durante la emergencia es un factor que contribuye a un buen o mal establecimiento de la planta. Según el autor, la longitud y la velocidad de la expansión celular son características específicas de los genotipos.

Maiti (1986) encontró que la elongación del mesocótilo en sorgo sembrado a grandes profundidades se correlaciona con la capacidad de emergencia y con el vigor de las plántulas; asimismo, encontró que genotipos con mesocótilo largos producen menores cantidades de etileno pero incrementan la síntesis de giberelinas, las que favorecen la elongación del mesocótilo, aunque es necesario investigar el papel de otras hormonas, componentes bioquímicos y reservas de la semilla.

Según Malik *et al.* (2007), la profundidad de siembra debe estar dentro de la capacidad física de extensión

del mesocótilo, provista por las reservas de las semillas.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la profundidad de siembra sobre la dinámica de la emergencia de plántulas de tres híbridos de sorgo azucarado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en las instalaciones de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EAAOC), ubicada en Las Talitas, departamento Tafí Viejo, Tucumán, Argentina.

Se trabajó con los híbridos de sorgo azucarado Argensil 165 Bio, Adv 2010 y AMF 543 pertenecientes a las empresas semilleras Argenetics Semillas, Advanta y SWS, respectivamente. Las profundidades de siembra fueron:

- Siembra a **2 cm** de profundidad
- Siembra a **4 cm** de profundidad
- Siembra a **7 cm** de profundidad

El diseño experimental fue completamente aleatorizado con cinco repeticiones. La siembra se realizó el 6 de enero de 2012 en macetas plásticas de 2,5 litros de capacidad que contenían un sustrato compuesto por tierra (textura franco limosa) y arena en una relación 2:1. Utilizando un punzón graduado con las tres profundidades, se realizaron los alvéolos donde posteriormente se colocaron las semillas. Previo a la siembra se realizó un análisis de Poder Germinativo con resultado superior a 85% para todos los materiales. Se sembró una semilla por alvéolo, totalizando 15 semillas por maceta, y se procedió al tapado de las semillas hasta el nivel de superficie.

Las macetas fueron irrigadas con una regadera de flor fina con bajo caudal y colocadas a temperatura ambiente. La temperatura media durante el ensayo fue de 26,7°C, con una temperatura mínima media de 22,4°C y una máxima media de 31,4°C, las que resultan adecuadas para la germinación y emergencia en sorgo azucarado (Foresin *et al.*, 1997).

Se realizaron diariamente mediciones de la emergencia, desde la siembra hasta el décimo día, momento en el que se produjo la estabilización de la población de plántulas.

La metodología empleada para el procesamiento de la información fue de ajustes de funciones propuesta por Gan *et al.* (1992), en emergencia de plántulas de trigo, y por Romero (2002) en la emergencia y crecimiento inicial en caña de azúcar. Para el ajuste de las curvas de emergencia se empleó el modelo Gompertz, que es una función sigmoide asimétrica cuya expresión matemática es la siguiente:

$$Y=A * \text{EXP} (-B * \text{EXP} (-C * X))$$

Los parámetros del modelo representan:

Y: emergencia de plántulas (%)

A: asíntota de la curva

B: constante

C: tasa media de emergencia de plántulas

X: tiempo expresado en días

A partir de este modelo se obtuvieron las variables deducidas: porcentaje máximo de emergencia (A), tasa media de emergencia (C) y días transcurridos para la emergencia del 50% y 90% de las plántulas (t_{50} y t_{90}).

Se realizó un análisis de la varianza con el enfoque de los Modelos Lineales Generales y Mixtos. Las medias se compararon mediante test LSD de Fisher (nivel de significación 5%). El paquete estadístico empleado fue Infostat (Versión 2017).

RESULTADOS

Como se observa en la Figura 1, no existe diferencia significativa en el porcentaje de emergencia final (promedio de los tres genotipos evaluados) entre 2 cm y 4 cm de profundidad, pero sí entre estas y la siembra a 7 cm. En la siembra a 2 cm la emergencia alcanza el mayor nivel porcentual para el promedio de los tres genotipos evaluados. Se destaca que la mayor profundidad de siembra provocó emergencias significativamente menores, lo cual tiene una gran importancia agronómica por su impacto en el establecimiento de la población de plántulas.

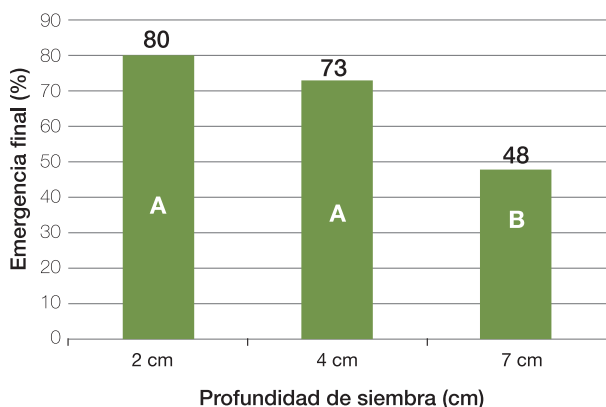


Figura 1. Valores de emergencia final (%) a tres profundidades de siembra. Promedio de los tres genotipos. Tucumán, Argentina, 2012. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, test de Fisher ($p < 0,05$).

La Figura 2 A, B y C muestra la dinámica de la emergencia de plántulas de cada uno de los híbridos de sorgo azucarado evaluados (A: Advanta 2010; B: Argensil 165 Bio y C: AMF 543), en las tres profundidades estudiadas. Se observa que los tres materiales respondieron a un patrón de tipo sigmoide, donde en las siembras más superficiales la emergencia es mayor y a medida que aumenta la profundidad de siembra el porcentaje cae en 33, 43 y 22 puntos la emergencia entre la menor y la mayor profundidad de siembra para Adv 2010, Argensil 165 Bio y AMF 543, respectivamente.

Además puede observarse que el híbrido AMF 543 fue el primero en emerger en las tres profundidades. A 2 cm de profundidad la emergencia se inicia y finaliza antes que en la siembra a 4 cm para los híbridos Adv 2010 y Argensil 165 Bio, mientras que en AMF 543 el inicio de la emergencia a 2, 4 y 7 cm de profundidad se registra casi al mismo tiempo. En la siembra a 7 cm de profundidad se observa un aumento considerable del tiempo para que la emergencia ocurra, comportamiento que se ve reflejado en Adv 2010 y especialmente en Argensil 165 Bio.

En la Figura 2 A, el híbrido Adv 2010 se destaca por tener el mayor porcentaje de emergencia a 2 cm (96%) seguido por la siembra a 4 cm (81%) y a 7 cm (63%).

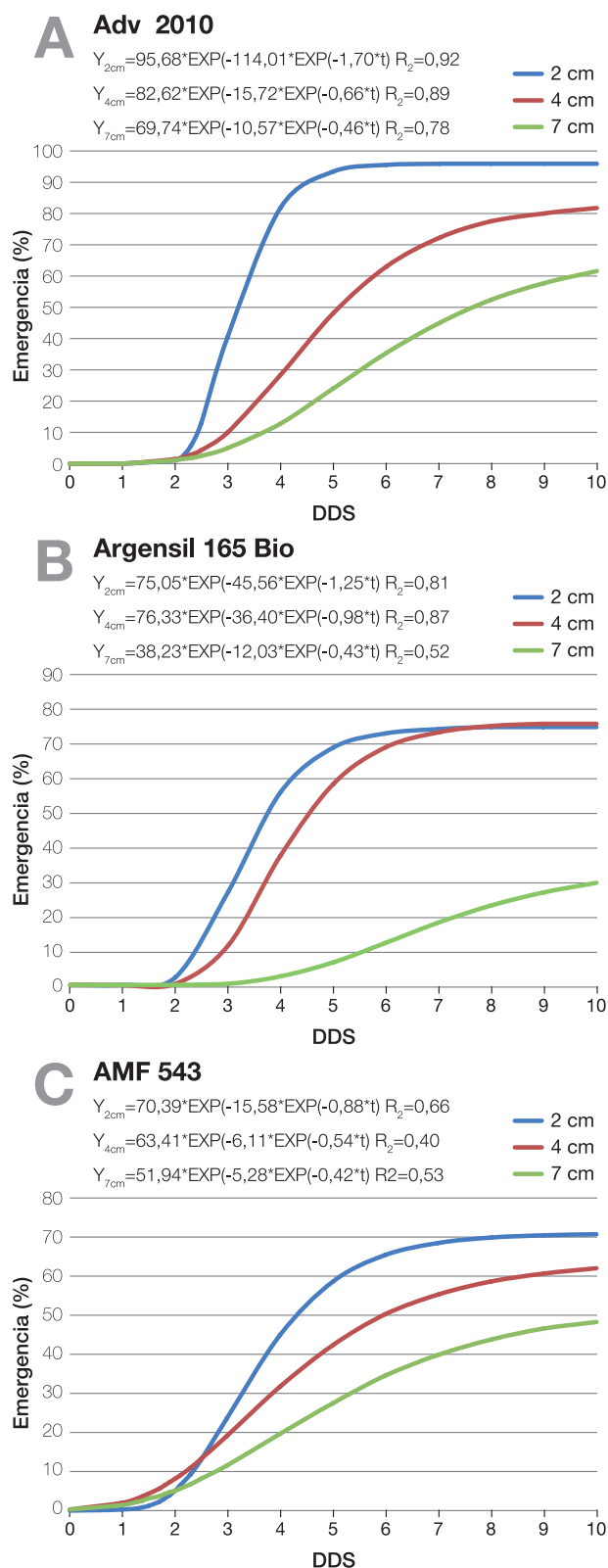


Figura 2. Dinámica de la emergencia de plántulas de los híbridos evaluados sembrados a 2 cm, 4 cm y 7 cm de profundidad. A) Adv 2010, B) Argensil 165 Bio y C) AMF 543. Tucumán, Argentina, 2012.

Los porcentajes de emergencia alcanzados por Argensil 165 Bio (Figura 2 B) en la siembra a 2 y 4 cm son prácticamente iguales (75% y 76%, respectivamente), por lo que el rango de profundidad de siembra es mayor con respecto a los otros dos materiales, mientras que a 7 cm el porcentaje final de emergencia se ve sustancialmente reducido (32%).

En la Figura 2 C se observa que el híbrido AMF 543, comparado con los otros dos genotipos, registra los menores valores de emergencia para 2 y 4 cm con 70% y 62%, respectivamente. Para la profundidad de siembra de 7 cm el porcentaje final de emergencia fue del 48%.

En la Tabla 1 se presentan las variables deducidas: emergencia máxima (%) y tasa media de emergencia (plántulas/día) y los resultados de los análisis estadísticos de la interacción genotipos por profundidad.

Analizando el comportamiento de cada híbrido, se observa que para Adv 2010 el porcentaje de emergencia máxima presenta diferencia entre las profundidades de 2 y 7 cm. Argensil 165 Bio no registra diferencia entre las dos primeras profundidades, pero sí entre estas y 7 cm, mientras que para el caso de AMF 543 no hubo diferencias en la emergencia entre las tres profundidades de siembra.

En el análisis de los tres híbridos en relación al porcentaje máximo de emergencia en las profundidades de siembra de 2 y 4 cm no se observaron diferencias entre los materiales evaluados, mientras que a 7 cm entre Adv 2010 y AMF 543 no se registraron diferencias pero sí la hubo entre estos dos materiales y Argensil 165 Bio. Este último material presentó el peor comportamiento a esta profundidad de siembra.

Al considerar la tasa media de emergencia (C), que es una medida de la velocidad de la emergencia, solo se encontraron diferencias entre las profundidades de siembra de 2 y 7 cm para Adv 2010. Argensil 165 Bio no presentó diferencias entre 4 y 7 cm, pero sí entre éstas y la profundidad de 2 cm. Por otra parte, en AMF 543 se registraron diferencias entre las profundidades de 2 y 4 cm y la de 7 cm. Por otro lado, para los tres híbridos analizados la tasa media de emergencia fue mayor a la profundidad de siembra de 2 cm en comparación con la de 7 cm.

Se observa también que a una profundidad de siembra de 7 cm, solo existen diferencias en el comportamiento entre los híbridos Argensil 165 Bio y AMF 543, siendo este último material el de menor tasa de emergencia.

Cabe destacar que ambas características (porcentaje y tasa de emergencia) son de interés agronómico, pero en ninguno de los materiales evaluados se registró su presencia conjunta.

La Tabla 2 muestra los valores de las variables deducidas t_{50} y t_{90} , que caracterizan la dinámica de la emergencia de plántulas de los híbridos evaluados en diferentes profundidades.

Se observa que en Adv 2010 el t_{50} (días hasta el 50% de la emergencia máxima) es mayor a la profun-

dididad de 7 cm respecto a los 2 cm, mientras que para el resto de los materiales no hubo diferencias en t_{50} en ninguna de las profundidades evaluadas.

Al analizar el comportamiento de los tres híbridos en relación al t_{50} para cada profundidad, no se observaron diferencias entre ellos.

Al considerar el tiempo necesario para que el 90% de la emergencia ocurra (t_{90}), se encontraron diferencias entre las profundidades de siembra de 2 y 7 cm para Adv 2010 y AMF 543 (mayor t_{90} a 7 cm), mientras que Argensil 165 Bio no presentó diferencia en ninguna de las profundidades evaluadas.

Analizando el comportamiento de los tres híbridos en cada una de las profundidades de siembra, se observa que a 2 y 4 cm no hubo diferencias entre ninguno de los materiales, mientras que a 7 cm no se observó diferencia entre Adv 2010 y AMF 543, pero sí entre estos híbridos y Argensil 165 Bio. En este último híbrido el t_{90} fue significativamente menor.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la influencia de la profundidad de siembra, asociada a las características genéticas de cada material, sobre la dinámica de la emergencia del cultivo tanto en el ritmo como en el porcentaje total de plántulas emergidas. Este comportamiento coincide con los señalados por autores de otros países (Vanderlip *et al.*, 1973; Somman and Peacock, 1985), evidenciando que la profundidad de siembra constituye un factor de influencia importante sobre la emergencia y que la respuesta a la misma se modifica según los diferentes genotipos.

Para Newman *et al.* (2011), la profundidad de siembra para híbridos de sorgo forrajero es de 2,5 a 3,8 cm para suelos arenosos y de 1,9 a 3,17 para suelos arcillosos. Sin embargo, una siembra más superficial resultará en una emergencia más rápida y minimizará las enfermedades y problemas relacionados con los herbicidas asociados con la emergencia tardía.

Tabla 1. Valores medios de emergencia máxima (%) y tasa media de emergencia a tres profundidades. Híbridos Adv 2010, Argensil 165 Bio y AMF 543. Tucumán, Argentina, 2012. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, test de Fisher ($p \leq 0,05$).

Material	Emergencia máxima (%)			Tasa media de emergencia (plántulas/día)		
	Prof. 2 cm	Prof. 4 cm	Prof. 7 cm	Prof. 2 cm	Prof. 4 cm	Prof. 7 cm
Adv 2010	95,45 A	82,88 AB	68,35 B	2,36 A	1,09 AB	0,63 BC
Argensil 165 Bio	75,29 AB	77,72 AB	39,29 C	3,42 A	1,30 B	0,96 B
AMF 543	73,29 AB	70,57,6 B	69,29 B	1,63 AB	0,98 B	0,36 C

Tabla 2. Valores medios del tiempo en días al 50% y al 90% de la emergencia máxima a tres profundidades. Híbridos Adv 2010, Argensil 165 Bio y AMF 543. Tucumán, Argentina, 2012. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, test de Fisher ($p \leq 0,05$).

Material	t_{50} (días)			t_{90} (días)		
	Prof. 2 cm	Prof. 4 cm	Prof. 7 cm	Prof. 2 cm	Prof. 4 cm	Prof. 7 cm
Adv 2010	3,37 B	4,59 AB	5,62 A	4,21 C	6,66 BC	9,30 AB
Argensil 165 Bio	3,27 B	4,13 AB	3,91 AB	4,11 C	5,94 C	5,87 C
AMF 543	4,09 AB	5,49 AB	7,29 A	5,77 C	7,97 ABC	14,42 A

Por el contrario, estos resultados difieren con los encontrados por Carrasco *et al.* (2011), para quienes la recomendación de profundidad de siembra es de 5 cm con el fin de lograr, además de una buena emergencia, que la semilla de sorgo escape al ataque de enfermedades y plagas como gusanos, gorgojos y mosca de la semilla, tan frecuentes en esta etapa de cultivo.

La Figura 3 A, B y C muestra los efectos de la profundidad de siembra en las plántulas de los híbridos de sorgo azucarado evaluados. Se observa que a la profundidad de 7 cm el mesocótilo se encuentra más afectado, con porciones etioladas y con una disposición helicoidal; además, aumenta su elongación por efecto de la profundidad de siembra, reflejando su sensibilidad a la misma.

La semilla de sorgo es pequeña y con pocas reservas, lo cual explica la falta de capacidad de esta para elongarse lo suficiente y alcanzar la luz cuando la profundidad de siembra es superior a 4 cm.

Según Sánchez Ducca *et al.* (2011), las semillas de sorgo, debido a su pequeño tamaño, deben sembrarse superficialmente, entre 2 y 4 cm de profundidad, buscando la zona con mayor contenido hídrico.

Los resultados del presente trabajo difieren con los reportados por Carrasco *et al.* (2011), quienes destacaron que si bien la semilla de sorgo es pequeña, tiene buena capacidad para elongar su primer pseudotallo (hipocótilo), pudiendo emerger desde los 4-5 cm de profundidad sin dificultad.

De acuerdo con Detoni (1997), el desarrollo del mesocótilo de la semilla de sorgo es un factor que contribuye al establecimiento de la plántula, y la longitud y la velocidad de su crecimiento son características específicas de los genotipos. En la Figura 3 B podemos apreciar que el híbrido Argensil 165 Bio presenta los mesocótilos menos afectados, es decir menos enrollados en comparación con los otros híbridos.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos destacan que:

- La profundidad de siembra influye significativamente en la emergencia de las plántulas y en el establecimiento de los híbridos estudiados
- La emergencia bajo las condiciones evaluadas mostró diferencias entre los genotipos estudiados
- El rango óptimo de tapado de la semilla de estos híbridos se encuentra entre 2 cm y 4 cm de profundidad
- Una profundidad de siembra mayor a 4 cm provoca una reducción de la emergencia y una demora de esta en todos los genotipos, aunque con diferencias de intensidad
- Argensil 165 Bio emerge adecuadamente entre 2 y 4 cm, pero no tolera profundidades mayores de 4 cm
- AMF 543 inicia la emergencia en forma más temprana en las tres profundidades evaluadas
- Adv 2010 alcanza el mayor porcentaje final de plántulas emergidas, especialmente a 2 y 4 cm de profundidad

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Carrasco, N.; M. Zamora; A. Melin; A. Bolletta; J. Marinissen; R. Gigón; H. Forján; S. Lagrange; P. Campos; L. Manso y M. Cicchino. 2011.** Manual de Sorgo. Proyecto Regional Desarrollo de una Agricultura Sustentable en los Territorios del CERBAS. Publicaciones Regionales. INTA, pp. 34.
- Detoni, C. E. 1997.** Grain sorghum field emergence and seed vigor tests. Dissertation submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for

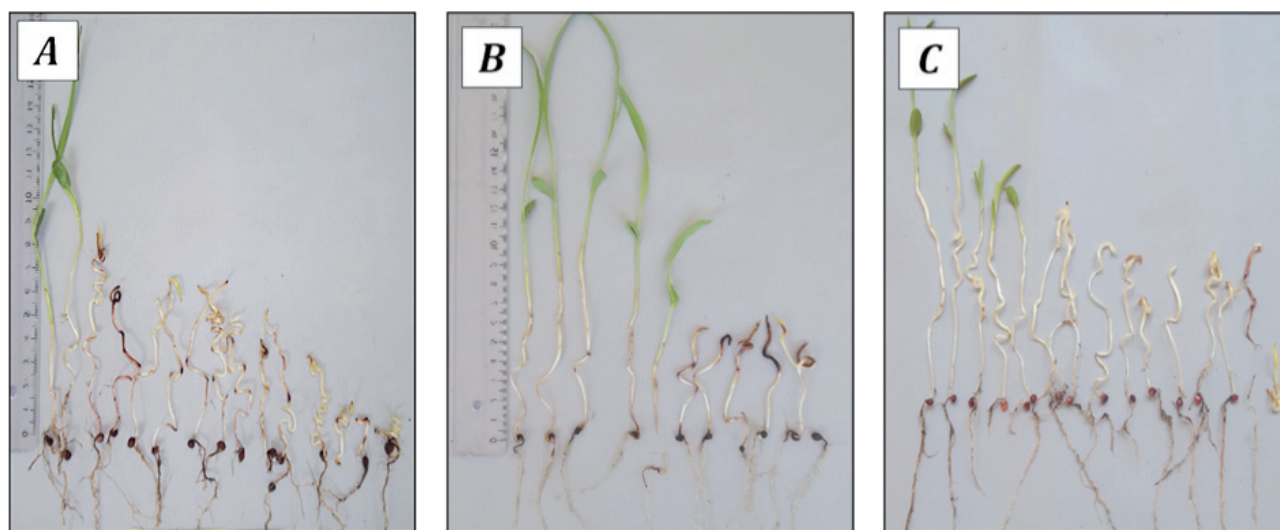


Figura 3. Efecto de la profundidad de siembra en plántulas de los híbridos evaluados a 7 cm de profundidad. A) Adv 2010, B) Argensil 165 Bio y C) AMF 543. Tucumán, Argentina, 2012.

- the degree of Doctor of philosophy in crop and soil environmental sciences.
- Foresin, O.; C. Domanski y L. M. Giorda. 1997.** Tecnología de siembra. Sorgo granífero. Cuadernillo de sorgo N° XIV. Centro Regional Córdoba. E.E.A. INTA, pp. 8.
- Gan, Y.; E. H. Stobbe and J. Moes. 1992.** Relative date of wheat seedling emergence and its impact on grain yield. *CropSci* 32: 1275-1281.
- Maiti, R. K. 1986.** Morfología, crecimiento y desarrollo del sorgo. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía. Marín, Nuevo León, México, 419 p.
- Malik, S. A.; U. Younis; A. A. Dasti; M. Akram and S. Saima. 2007.** Effect of planting depths on emergence and seedling morphology of *praecitriulus fistulosus* (stocks) *pangalo* and *pennisetum typhoides* (burm.f) stapf. Institute of pure and applied biology and department of statistics. Bahaud-din-Zakariya University, Multan, Pakistan.
- McCloy, B. L. 1980.** A review of wheat growing techniques. MAF. Bulletin. 14 p.
- Newman, Y.; W. Vermerris; D. Hancock; D. Wright y J. Ferrell. 2011.** Sorgo Forrajero – Guia de Producción para la Región Sureste de los Estados Unidos. Programa del United Sorghum Checkoff. [En línea] Disponible en : <https://www.sorghum-checkoff.com/assets/media/productionguides/SpanishGuiadeproducciondeforrajeenelesteJuly2011.pdf> (consultado en enero de 2019).
- Romero, E. 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 Dr. en Agronomía. FAZ. UNT, pp. 203.
- Romero, E.; G. Cárdenas; M. Ruiz; S. Casen; P. Fernández González; A. Sánchez Ducca; S. Zossi; G. De Boeck; C. Gusil; J. Tonatto; M. Medina; R. Caro y J. Scandaliaris. 2012.** Integración del sorgo azucarado a la cadena de aprovechamiento bioenergético de la caña de azúcar. *Revista Avance Agroindustrial*. 33 (1): 13-17.
- Sánchez Ducca, A.; E. R. Romero; S. D. Casen; P. E. Fernández González; M. M. Medina y J. A. Tonatto. 2011.** Fenología asociada a criterios de manejo de sorgos bioenergéticos. *Revista Avance Agroindustrial* 33 (4): 37-42.
- Somman, P. and J. M. Peacock. 1985.** A Laboratory Technique to Screen Seedling Emergence of Sorghum and Pearl Millet at High Soil Temperature. *Experimental Agriculture*, 21. pp 335-341, doi:10.1017/S0014479700013168.
- Vanderlip, R. L.; F. E. Mockel and H. Jan. 1973.** Evaluation of vigor test for sorghum seed. *Agron.J.* 65:486-488.