

Cultivo de caña en Famaillá: Estudio de caso. Maquinaria y órganos activos de nuevo diseño probados en el ambiente productivo: Caracterización de los esquejes de caña semilla.

Omar Tesouro¹ / Enrique Fernández de Ullivarri² / Leonardo Venturelli¹ / Marcos Roba¹ / Angel Romito¹

Instituto de Ingeniería Rural - CIA - CNIA

¹Laboratorio de Terramecánica e Implantación de Cultivos

²EEA Famaillá (Tucumán)

Informe Técnico N° 36
Septiembre 2018



Ediciones

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



Informe Técnico Nº 36

ISSN 1852-3080

Septiembre 2018

Cultivo de caña en Famallá: Estudio de caso.
Maquinaria y órganos activos de nuevo diseño probados en el ambiente productivo:
Caracterización de los esquejes de caña semilla

Programa Nacional de Cultivos Industriales

Proyecto Integrador
Estrategias de manejo de sistemas productivos resilientes

Proyecto Específico
Optimización del ciclo de vida de los cultivos industriales

Módulo
Alternativas tecnológicas y optimización de los sistemas de manejo en cultivos industriales.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Instituto de Ingeniería Rural

Editor responsable: Ing. Agr. Mario Omar Tesouro

Av. Pedro Díaz 1798
Hurlingham - Buenos Aires - Argentina
C.C. 25 B1712 JHB Castelar
Tel. 4621-1447/1448/1668

iir.cd@inta.gob.ar
www.inta.gob.ar/unidades/222000

ÍNDICE GENERAL

Resumen	2
1. Introducción	3
2. Materiales y Métodos	5
3. Resultados	6
3.1 Caracterización de los esquejes	6
3.2 Brotación	9
3.3 Caracterización de la muestra para el diseño de la plantadora de caña	14
4. Consideraciones Finales	16
5. Anexo	17
6. Bibliografía	25

Cultivo de caña en Famaillá: Estudio de caso.

Maquinaria y órganos activos de nuevo diseño probados en el ambiente productivo:

Caracterización de los esquejes de caña semilla

RESUMEN

Los grandes productores de caña de azúcar en Argentina realizan toda la actividad productiva de manera integrada. Caso contrario ocurre con los pequeños productores, para quienes el acceso a la tecnología es limitado. Respecto a las condiciones específicas de la plantación, cuando se la realiza en forma manual es en condiciones ambientales adversas para el personal involucrado.

La plantación mecánica de caña de azúcar requiere de una selección varietal para alcanzar un óptimo de eficiencia. Es necesario realizar las regulaciones correspondientes para reducir el daño mecánico provocado por los sistemas de corte, elevación, transporte, dosificación y distribución, para lo cual es importante caracterizar correctamente la caña utilizada para semilla. Esta caracterización resulta fundamental al emplear la caña semilla como insumo para el diseño y evaluación de dosificadores cañeros.

En el presente trabajo con el objetivo de realizar dicha caracterización, se realizaron diversas mediciones sobre una muestra de caña troceada por una cosechadora integral mecánica. Se encontró una estratificación de los esquejes que atraviesan todo el sistema de conducción, carga, transporte y embolsado. En cuanto a la brotación, las diferencias se encontraron en el diámetro de las estacas.

1. INTRODUCCIÓN

La plantación mecánica de caña de azúcar requiere de una selección varietal para alcanzar un óptimo de eficiencia (Daros et al., 2017). Es necesario realizar las regulaciones correspondientes para reducir el daño mecánico provocado por los sistemas de corte, elevación, transporte, dosificación y distribución, para lo cual es importante caracterizar correctamente la caña utilizada para semilla.

Existen varios trabajos de investigación que analizan la brotación de las estacas de caña de azúcar agrupándolas por el largo y el grosor de las mismas (Sime, 2013; Beauclair and Scarpari, 2006; Melo et al., 1995). Las porciones de mayor grosor coinciden con las partes basales de las cañas, yemas más viejas y con menor desarrollo de los entrenudos (Romero, 2009). Además, las yemas de la porción basal tienen mayor concentración de hormonas inhibitorias de la brotación (Beauclair and Scarpari, 2006). Por el contrario, las estacas provenientes de la parte distal de las cañas, presentan tejidos más jóvenes (Casagrande, 1991), mayor actividad metabólica (Melo et al., 1995) y mayor concentración de glúcidos, aminoácidos, agua, nitrógeno y minerales (Aude, 1993). A estas características están asociadas las diferencias en la brotación encontradas en la bibliografía. Ensayos en Etiopía (Sime, 2013) mostraron que existen diferencias significativas en brotación dependiendo de la porción de tallo estudiada (basal, media y apical), pero esta clasificación no tuvo influencia en el crecimiento o rendimiento a cosecha. El número de yemas por estaca también afecta la brotación. A mayor número de nudos, para un mismo largo de estaca, la brotación se ve reducida significativamente (Bacarat Neto et al., 2017).

La brotación de la caña de azúcar requiere de condiciones adecuadas de temperatura y humedad. Para las variedades subtropicales resultan óptimas las temperaturas del aire entre 26°C-32°C y una disponibilidad hídrica sin limitaciones (Van Dillewijn, 1952; Yang and Chen, 1980; Cassalet Dávila et al., 1995; leído en Digonzelli et al., 2006). La temperatura mínima para el normal desarrollo de las estacas es de 12°C (Donaldson, 2009).

En una experiencia de implantación realizada en la EEA Famallá (Tucumán) utilizando caña troceada con una yema por esqueje, la producción como caña planta fue de 330 kg·surco⁻¹ (cuando el testigo implantado convencionalmente obtuvo 1000 kg·surco⁻¹). Al segundo año, el

mismo cerco produjo $1200 \text{ kg}\cdot\text{surco}^{-1}$, es decir que pudo expresar el potencial de la variedad que no había logrado antes por el excesivo troceado (Fernández de Ullivarri, comunicación personal).

En un estudio realizado en la Estación Experimental Agropecuaria Obispo Colombres (EEAOC, Tucumán) con distintas variedades y años, Romero et al. (2006) encontraron que el factor de manejo de mayor influencia en la dinámica de la emergencia es la época de plantación, con incidencia en el porcentaje final, en el ritmo de emergencia y especialmente en la duración de esta fase, seguido de la variedad y la humedad del suelo. En este estudio, el troceado sólo influyó en la emergencia final, con una significación del 10%.

A nivel mundial, el manejo de la plantación mecanizada de caña de azúcar se puede agrupar en tres modelos mayoritarios según la preparación del suelo y la rotación utilizada: arado y monocultivo, arado con cultivo leguminoso intermedio, arado con barbecho previo. Si bien las experiencias de plantaciones sin labranza previa existen, en el año 2009 continuaba en una proporción mínima de la superficie total de cultivo (Romero, 2009). En la actualidad, el sistema de plantación directa (sin labranza previa) ha tomado mayores proporciones (Bordonal et al., 2018).

La plantación mecánica sigue teniendo inconvenientes y menor eficiencia de brotación que la plantación manual (Waguespack, 2016). Las máquinas disponibles hoy en día requieren, como recomendación de los fabricantes, esquejes con un largo promedio entre 37 y 45 cm de largo. Además, hay algunas consideraciones necesarias para la obtención de caña semilla destinada a la implantación mecánica en función de la cual se deberían seleccionar las variedades, la densidad y espaciamiento de plantación y el grado de maduración, tipo y fecha de cosecha (Pessan and Scartozzoni, 2012).

Los grandes productores de caña de azúcar en Argentina realizan toda la actividad de manera integrada. Caso contrario ocurre con los pequeños productores, para quienes el acceso a la tecnología es limitado. Respecto a las condiciones específicas de la plantación, cuando se la realiza en forma manual es en condiciones ambientales adversas para el personal involucrado. En este sentido y teniendo como objetivo la posibilidad de desarrollar tecnología orientada a los medianos y pequeños productores, se realizó un estudio preliminar de diseño de maquinaria

destinada a la implantación de caña de azúcar en el marco de las actividades del proyecto y del convenio entre el INTA y la Facultad de Bellas Artes (UNLP).

Para caracterizar la problemática referente a la mecanización de la labor de plantación del cultivo, se realizó un estudio sobre los aspectos críticos a resolver en función del nivel de condicionamiento que éstos imponen al logro de una labor adecuada y eficiente. Se estableció el estado del arte y la plataforma cognitiva a través de revisión bibliográfica en publicaciones científicas y tecnológicas. Se analizaron las diferentes tipologías y escalas de producción para identificar la población objetivo y los beneficiarios directos de la tecnología. A partir de la información obtenida y de la demanda técnica que se planteó, se realizaron propuestas de diseños preliminares del equipo.

El objetivo de este trabajo fue caracterizar la caña semilla obtenida de una cosechadora integral mecánica que será insumo para el diseño de dos máquinas complementarias entre sí: una para el corte de la caña y selección de esquejes y otra para la plantación propiamente dicha.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En una primera etapa se procedió a caracterizar el contenido de un big-bag de estacas provenientes de un cañaveral productivo del establecimiento Campo de Herrera (Tucumán). El contenido del empaque se separó en dos grupos, diferenciando la parte inferior del contenedor del resto. Para ambos grupos, se midió el largo, diámetro (mínimo y máximo) medido con calibre digital (*Mitutoyo, Absolute Digimatic*, resolución 0,01 mm) y número de yemas, en 550 estacas extraídas al azar.

La variedad utilizada fue la LCP 85-384, desarrollada en Louisiana, EEUU. Sus progenitores son: CP 77-310 x CP 77-407. Es una variedad de tallos livianos ($600-650 \text{ g}\cdot\text{tallo}^{-1}$), muy prolífica (22 tallos por metro lineal) y resistente al corte mecánico. Como caracteres distintivos, esta variedad exhibe una altura media de tallos y un fuerte macollaje, con muy pocos macollos extemporáneos. Presenta tallos con entrenudos delgados (Costilla et al., 2013), con una curva de maduración extensa, de julio a octubre y una alta recuperación de azúcar fabril y bajo contenido de fibra. Esta variedad se ve afectada por limitaciones edáficas y es

sensible a salinidad, sequía y anegamiento. Es tolerante a heladas. Para la cosecha, se utilizó una máquina integral Cameco, modelo 2007.

Luego se realizó un ensayo de brotación, utilizando bateas de acero inoxidable con un sustrato compuesto por turba y perlita (relación 70/30). Se utilizaron estacas de similar largo (35 cm +/- 5 cm), separadas por grosor y número de yemas. Cada repetición contaba con 6 yemas (6 estacas de 1 yema, 3 estacas de 2 yemas y 2 estacas de 3 yemas). Se tomaron muestras de cada fracción a evaluar y en ellas se midió la humedad del material antes de realizar el ensayo. Previo a la plantación, se sumergieron en una solución con fungicida (Carbendazim, 50 cm³·hl⁻¹ por 20 minutos). Durante 40 días se procedió a registrar el número de yemas brotadas y temperatura del suelo y ambiente. Se calculó el porcentaje de logro como yemas brotadas en función de las yemas totales de cada tratamiento. Luego se realizaron los análisis estadísticos correspondientes.

3. RESULTADOS

3.1 Caracterización de los esquejes

Analizando los datos para la fracción inferior del big-bag (Tabla 3.1.1) se observa que las variables largo y cantidad de nudos, fueron las que presentaron mayor variabilidad. El largo de los vástagos presenta un mínimo de 50 mm y un máximo de 395 mm (Anexo Figura 5.1.1). Los diámetros (mínimo, medio y máximo) presentan menor variabilidad, entre los mínimos y máximos hay una diferencia del orden de los 21 mm (Anexo Figuras 5.1.2, 5.1.3 y 5.1.4). El error también es menor para los diámetros que para el largo. El valor modal para la cantidad de nudos es 2, presentando un máximo de 6 y un mínimo de 0. Además, cerca del 9% de las cañas estaban curvadas, característica que dificulta el desplazamiento en la tolva y presenta riesgos de atoramiento.

Variable	n	Media (mm)	Mediana (mm)	Mín (mm)	Máx (mm)	D.E.	Var(n-1)	E.E.	CV (%)
Largo	550	243,65	260,00	50,00	395,00	63,28	4004,56	2,70	25,97
Dmax	550	20,91	21,00	9,00	31,00	3,77	14,25	0,16	18,06
Dmin	550	17,98	18,00	5,00	27,00	3,67	13,50	0,16	20,44
Dmed	550	19,44	19,75	7,00	28,50	3,64	13,24	0,16	18,72
Nudos	550	1,80	2,00	0,00	6,00	0,79	0,63	0,03	44,07

Tabla 3.1.1: Estadística descriptiva de las características morfológicas de las estacas de caña. Parte inferior del big-bag.

En la Tabla 3.1.2, que muestra los datos para la parte superior de la muestra, también presenta como el parámetro con mayor variabilidad a la cantidad de nudos por estaca. En este estrato, el largo de las estacas se ubicó como el parámetro de menor variabilidad (Anexo Figura 5.2.1). Las estacas presentan una media de 271,47 mm de largo, con un mínimo de 70 mm y un máximo de 410 mm. Al igual que en el estrato inferior, los diámetros presentan una baja variabilidad (Anexo Figuras 5.2.2, 5.2.3 y 5.2.4), entre los mínimos y máximos hay una diferencia promedio cercana a los 22 mm. En cuanto a la cantidad de nudos por estaca, 2 es el valor promedio, con un coeficiente de variación del 40,8%. En este estrato son 7,45% las cañas curvadas.

Variable	n	Media (mm)	Mediana (mm)	Mín (mm)	Máx (mm)	D.E.	Var(n-1)	E.E.	CV (%)
Largo	550	271,47	275	70,0	410	47,07	2215,68	2,01	17,34
Dmax	550	21,13	22	9,0	31	3,93	15,46	0,17	18,61
Dmin	550	18,12	19	4,0	27	3,68	13,54	0,16	20,31
Dmed	550	19,62	20	6,5	29	3,74	14,01	0,16	19,08
Nudos	550	2,04	2	0,0	6	0,83	0,70	0,04	40,86

Tabla 3.1.2: Estadística descriptiva de las características morfológicas de las estacas de caña. Parte superior del big-bag.

Fracción inferior			Fracción superior		
Nudos	n	% del total	Nudos	n	% del total
0	13	2,36	0	4	0,73
1	179	32,5	1	128	23,2
2	277	50,4	2	293	53,3
3	68	12,4	3	96	17,4
4	11	2,00	4	25	4,54
5	1	0,18	5	3	0,54
6	1	0,18	6	1	0,18

Tabla 3.1.3: Estadística descriptiva del número de nudos de las estacas de caña.

Variable	n	Media	LI(95)	LS(95)	T	p(Bilateral)	W	p
Largo	550	243,65	238,35	248,95	90,30	<0,0001	0,89	<0,0001
Dmax	550	20,91	20,59	21,22	129,88	<0,0001	0,98	<0,0001
Dmin	550	17,98	17,67	18,29	114,75	<0,0001	0,97	<0,0001
Dmed	550	19,44	19,14	19,75	125,31	<0,0001	0,98	<0,0001
Nudos	550	1,80	1,74	1,87	53,22	<0,0001	0,84	<0,0001
Curvada	550	0,09	0,06	0,11	7,25	<0,0001	0,31	<0,0001

Tabla 3.1.4: Estadística descriptiva de las características morfológicas de las estacas de caña. Parte inferior del big-bag. Análisis de varianza de la muestra, según test de Tukey y Shaphiro-Wilks

La cantidad de nudos por estaca también presentó una gran variabilidad (CV 44,07% y 40,86% para la porción inferior y superior de big-bag, respectivamente). En la Tabla 3.1.3 podemos ver la distribución de esta variable. La mitad de los vástagos, en ambas fracciones presentan 2 nudos; cerca de un 30% de estacas, 1 nudo sólo, mientras que con 3 nudos el 12%. El resto (0, 4 y 5) presentan proporciones mínimas.

Las variables estudiadas no se ajustan dentro de los parámetros de una distribución normal (Tabla 3.1.4 y 3.1.5). En ambas fracciones (superior e inferior) del big-bag el comportamiento fue idéntico. Todas las variables se encuentran fuera del rango tanto para el método de T como Shaphiro-Wilks.

Variable	n	Media	LI(95)	LS(95)	T	p(Bilateral)	W	p
Largo	550	271,47	267,53	275,42	135,26	<0,0001	0,93	<0,0001
Dmax	550	21,13	20,80	21,46	126,04	<0,0001	0,97	<0,0001
Dmin	550	18,12	17,81	18,42	115,45	<0,0001	0,96	<0,0001
Dmed	550	19,62	19,31	19,94	122,94	<0,0001	0,97	<0,0001
Nudos	550	2,04	1,97	2,11	57,40	<0,0001	0,85	<0,0001
Curvada	550	0,07	0,05	0,10	6,65	<0,0001	0,29	<0,0001

Tabla 3.1.5: Estadística descriptiva de las características morfológicas de las estacas de caña. Parte superior del big-bag. Análisis de varianza de la muestra, según test de Tukey y Shaphiro-Wilks

3.2 Brotación

El porcentaje de humedad en el material estudiado tuvo muy poca variabilidad (CV 5,17%) y se encontró un promedio del 150,76% (Tabla 3.2.1), con un mínimo de 119,75% y 173,59% de máximo. Según Panje and Raja Rao (1963) el contenido de humedad a partir del cual se hace notoria la caída en el porcentaje de brotación es de 96% y por debajo del 85% se observa un perjuicio en la brotación de las raíces. Los mismos autores señalan el 50,3% del contenido de humedad como el límite por debajo del cual no ocurre la brotación de las yemas o las raíces.

Un cañaveral productivo al momento de cosecha debe tener, en promedio, entre 12 y 14 tallos por metro lineal. La variedad utilizada en este ensayo, LCP 85-384, equilibra su densidad entre 20 y 22 yemas brotadas por metro lineal (caña soca). En las plantaciones manuales comerciales se colocan 3 cañas con 6 a 8 yemas cada una, que luego son cortadas a machete. En las plantaciones mecánicas, el número de estacas se eleva hasta alcanzar unas 30 yemas por metro lineal, para alcanzar el mismo objetivo. Ese aumento señala una eficiencia de implantación del 66,67%. En nuestro estudio, los datos del porcentaje de logro de brotación fueron bajos para la mayoría de los casos, superó el 50% sólo en un caso: estacas finas con 2 yemas. Alcanzó el 50% en dos casos: estacas finas y medias de 3 y 2 yemas, respectivamente. Además, se evidenció una gran variabilidad (Tablas 3.2.2, 3.2.3 y 3.2.4).

	n	Media	D. E.	Var(n-1)	CV	Mín	Máx
Contenido de humedad	20	150,76	0,19	0,03	5,17	119,75	173,11

Tabla 3.2.1: Contenido de humedad (humedad gravimétrica expresada como porcentaje)

Es notoriamente bajo el porcentaje de logro de brotación alcanzado en este ensayo, el promedio general es de 52%, bastante lejos de lo que define Romero (2009) como una buena brotación, valor que el autor define entre 65 y 70% de las yemas brotadas. Entre los factores que pueden afectar la brotación de los esquejes provenientes de una cosecha mecanizada, Goodall (1998) señala principalmente la pérdida de humedad y la oxidación de los azúcares de reserva con su consecuente cambio en la concentración de auxinas y ácido abscísico (ABA). Además, encontró que el inicio de la germinación de las yemas está directamente relacionado con el balance hormonal en ellas.

En ensayos de germinación con estacas se registraron pérdidas en el poder germinativo a medida que aumentaba el intervalo cosecha-plantación (Romero et al., 2006; Goodall, 1998). La autora concluyó que elevadas concentraciones de auxinas y ácido abscísico (ABA) suprimen la germinación de las yemas y el crecimiento de los brotes mientras que al elevarse la concentración de giberelinas, citoquininas y etileno la estimulan. Las yemas pueden no germinar debido a la inhibición por dominancia apical (hormonal), daños físicos, deshidratación de las estacas, balance nutricional pobre de la caña semilla o infecciones con microorganismos (Barnes, 1974).

Grosor	Yemas	n	% de logro	Mín	Máx	D.E.	Var(n-1)	E.E.	CV	SC
Fina	1	3	0,67	0,50	1,00	0,29	0,08	0,17	43,30	1,50
Fina	2	3	0,83	0,67	1,00	0,17	0,03	0,10	19,80	2,14
Fina	3	3	0,50	0,33	0,67	0,17	0,03	0,10	34,00	0,81
Media	1	3	0,56	0,33	0,67	0,20	0,04	0,11	35,26	1,01
Media	2	3	0,61	0,17	1,00	0,42	0,17	0,24	68,13	1,48
Media	3	3	0,44	0,00	0,83	0,42	0,17	0,24	94,26	0,94
Gruesa	1	3	0,44	0,33	0,50	0,10	0,01	0,06	22,14	0,61
Gruesa	2	3	0,33	0,00	0,50	0,29	0,08	0,17	86,60	0,50
Gruesa	3	3	0,33	0,00	0,50	0,29	0,08	0,17	86,60	0,50

Tabla 3.2.2: Estadística descriptiva del porcentaje de logro de la brotación de estacas de caña, según su grosor y número de yemas.

Grosor	n	% de logro	D.E.	Var(n-1)	E.E.	CV	Mín	Máx	Mediana
Fina	9	0,67	0,24	0,06	0,08	35,4	0,33	1,00	0,67
Media	9	0,37	0,22	0,05	0,07	58,66	0,00	0,50	0,50
Gruesa	9	0,54	0,32	0,10	0,11	59,55	0,00	1,00	0,67

Tabla 3.2.3: Estadística descriptiva del porcentaje de logro de la brotación de estacas de caña, según su grosor.

Yemas	n	% de logro	D.E.	Var(n-1)	E.E.	CV	Mín	Máx	Mediana
1	9	0,56	0,21	0,04	0,07	36,99	0,33	1,00	0,50
2	9	0,59	0,34	0,12	0,11	57,99	0,00	1,00	0,67
3	9	0,43	0,28	0,08	0,09	65,25	0,00	0,83	0,50

Tabla 3.2.4: Estadística descriptiva del porcentaje de logro de la brotación de estacas de caña, según el número de yemas.

En el análisis del modelo de tasa de brotación (Tabla 3.2.5), se encontró que las variables Yemas por estaca ($F=16,13$; Valor $p < 0,0001$), Diámetro ($F=12,08$; Valor $p < 0,0001$) y Días ($F=9,27$; Valor $p < 0,0001$) presentaron significancia estadística.

En el transcurso de los 40 días de duración del ensayo (Figuras 3.2.1 a 3.2.3) se observó que las yemas brotadas/día difieren según la cantidad de yemas por esqueje, lo que coincide con lo encontrado en el análisis de varianza en cuanto a la interacción Diámetro-Yemas ($F=3,93$; Val- $p = 0,0044$;). Cuando los esquejes tenían una sola yema, la tendencia es similar para los tres diámetros. Para los esquejes de dos yemas, las diferencias entre los diámetros fueron notorias. En ese caso se observan tres estratos diferentes, siendo las estacas de mayor grosor las que menos brotación presentaron. En el último caso, las estacas con tres yemas, se distinguieron dos grupos: las estacas de diámetro menor, con los mejores valores, y las estacas de mayor grosor, con el peor desempeño.

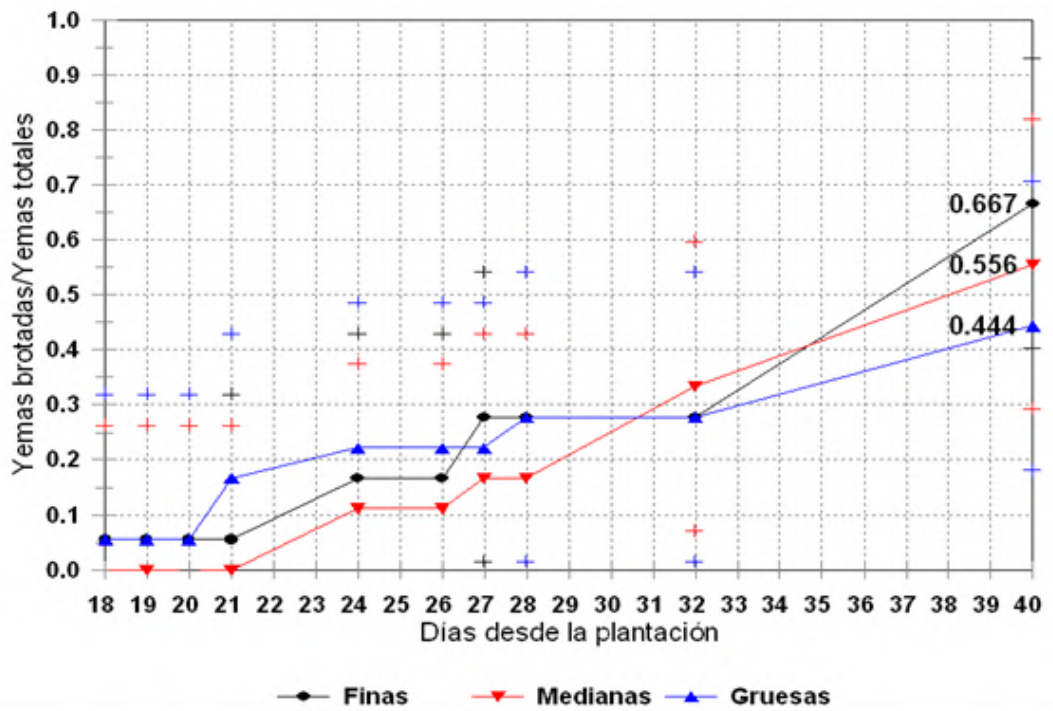


Figura 3.2.1: Tasa de brotación de esquejes con una yema según su diámetro.

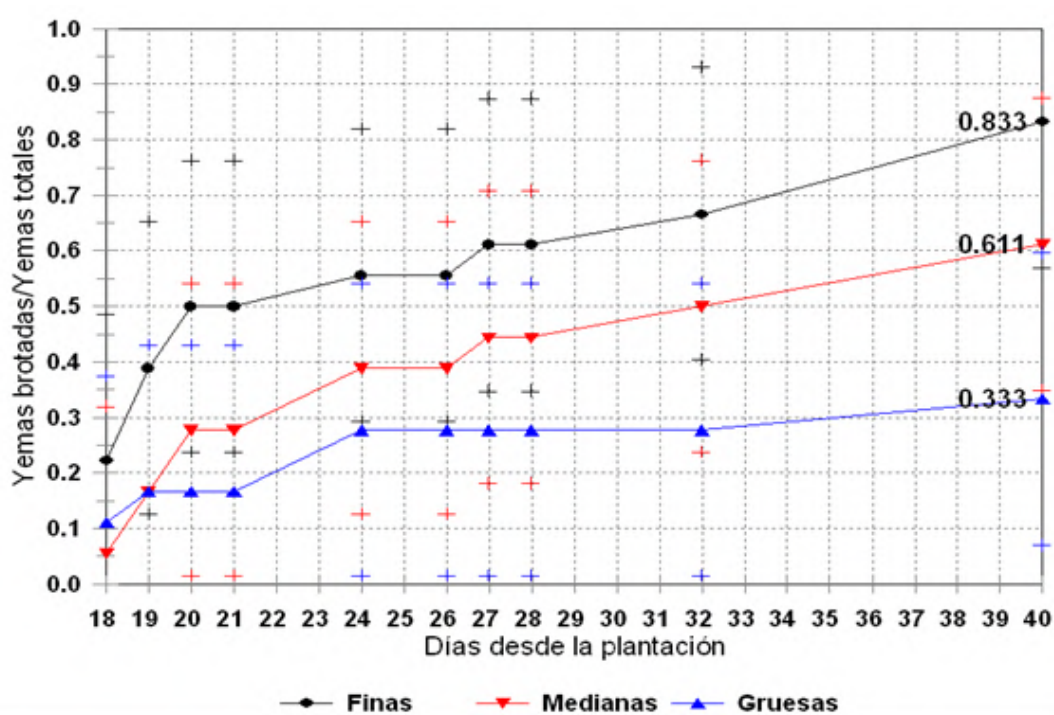


Figura 3.2.2: Tasa de brotación de esquejes con dos yemas según su diámetro.

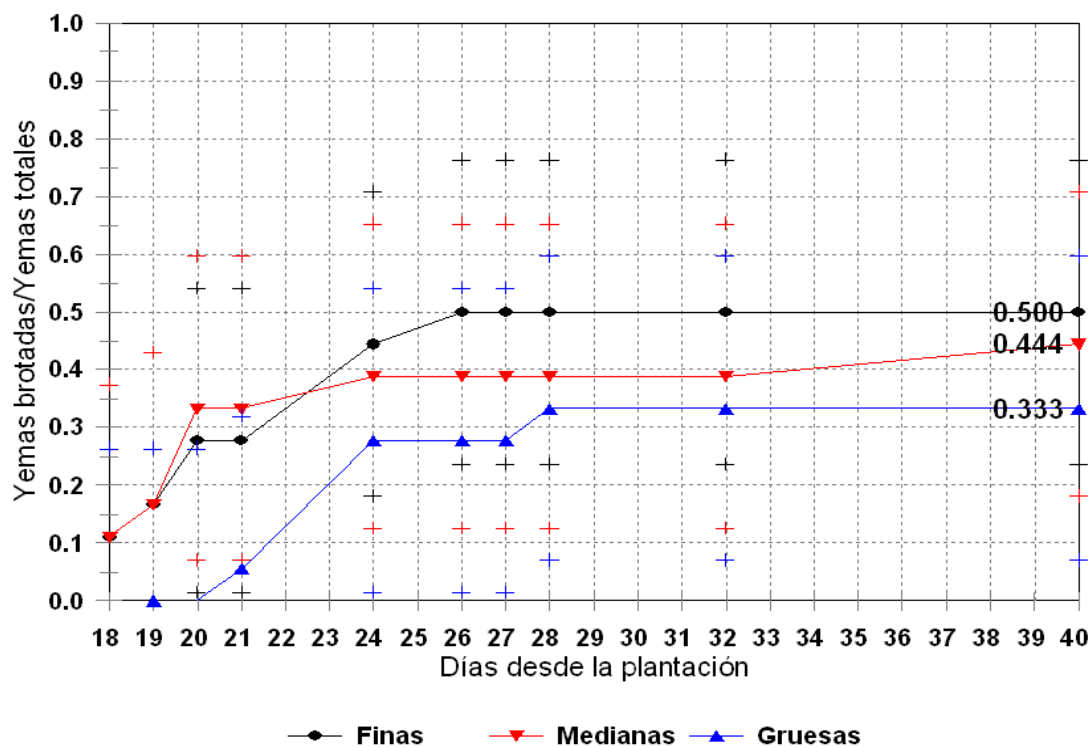


Figura 3.2.3: Tasa de brotación de esquejes con tres yemas según su diámetro.

Fuente	GL	SS	CM	F-Valor	Pr>F
Días	9	445.610.935	0,49512326	9,27	<0,0001
Diámetro	2	128.983.469	0,64491734	12,08	<0,0001
Yemas	2	172.327.047	0,86163523	16,13	<0,0001
Diámetro*Yemas	4	0,83859884	0,20964971	3,93	0,0044
Días*Diámetro*Yemas	72	0,97328215	0,01351781	0,25	10,000

Tabla 3.2.5: Análisis de la varianza para la brotación de estacas de caña, según días, diámetro, número de yemas y sus interacciones.

En cuanto al número final de brotes, las estacas más finas son las que mejor brotación presentaron (0,667, Tabla 3.2.6), diferenciándose significativamente de las estacas gruesas (0,370), aunque no así de los esquejes medios (0,537). La brotación media no presentó diferencias significativas en cuanto a su desempeño en función del número de yemas por estaca. El promedio general de la brotación es de 0,525, la combinación de estacas de menor diámetro con dos yemas es la que mejor promedio presenta, 0,833.

Yemas	Diámetro de las cañas			Brotación media
	Fina	Media	Gruesa	
1	0,667	0,556	0,444	0,556 ^a
2	0,833	0,611	0,333	0,593 ^a
3	0,500	0,444	0,333	0,426 ^a
Brotación media	0,667 ^a	0,537 ^{ab}	0,370 ^b	0,525

Tabla 3.2.6: Brotación media de las estacas de caña según el número de yemas y diámetros. Letras diferentes señalan diferencias estadísticas.

3.3 Caracterización de la muestra para el diseño de la plantadora de caña

Al realizar las comprobaciones estadísticas (Tabla 3.3.1) para determinar si las muestras, estrato superior e inferior del big-bag, podían analizarse como repeticiones de una misma población, se encontró que difieren notoriamente según el parámetro observado. Según los diámetros y el número de nudos, las muestras pertenecen a la misma población y son estadísticamente iguales (Figura 3.3.1). Mientras que, al analizar el largo de las estacas las diferencias entre ambas muestras son estadísticamente significativas. Podemos atribuir este comportamiento a que la variación en el diámetro de las estacas responde al factor genético y que dicho parámetro pareciera que no se encuentra afectado por la separación al momento de la conducción y transporte (cosechadora, tolva, cargador, big-bag). En cuanto al largo, que depende del corte realizado por el troceado de la cosechadora, atraviesa todo el sistema de conducción, carga, transporte y embolsado, determinando la separación de las estacas por estratificación.

Según el largo, poco menos del 85% de la muestra se encontraba comprendido entre 200 y 350 mm. En caso que se considere un intervalo de 10 mm de amplitud, encontramos el 74,3% entre 200 y 300 mm o un 67,8% entre 250 y 350 mm.

Los diámetros tuvieron una distribución de frecuencias similares entre sí, más del 85% de la muestra se encontró entre 11 y 30 mm de diámetro medio. Toda la población se encontró comprendida entre 4 y 31 mm de diámetro. El diámetro mínimo medio fue de 18 mm y el diámetro máximo medio de 21 mm, ambos con una desviación estándar baja, 3,68 y 3,85% respectivamente.

Los valores de brotación obtenidos señalan que las estacas de menor diámetro son las que mejor eficiencia de brotación presentan, siendo los esquejes más gruesos significativamente menores. Si separamos las estacas de diámetro medio y mínimo, estaríamos descartando alrededor del 20% que representa la fracción más gruesa.

Variable	Var(1)	Var(2)	F	p(Bilateral)
Largo	4004,56	2215,68	1,81	<0,0001
Dmax	14,25	15,46	0,92	0,3405
Dmin	13,50	13,54	1,00	0,9726
Dmed	13,24	14,01	0,94	0,5062
Nudos	0,63	0,70	0,91	0,2571
Curvada	0,08	0,07	1,15	0,0924

Tabla 3.3.1: Prueba F para igualdad de varianzas.

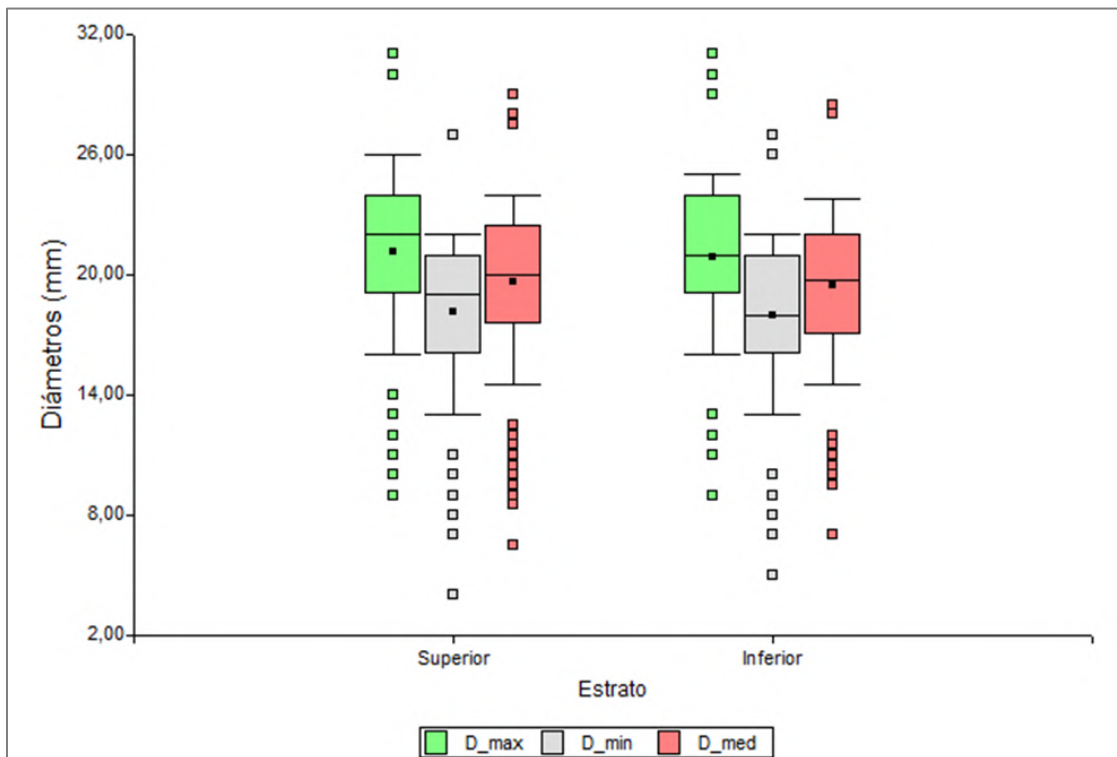


Figura 3.3.1: Gráfico Box-plot de los diámetros de ambos estratos del Big-Bag.

4. CONSIDERACIONES FINALES

Si se considera el largo de caña como la principal variable que permite definir el diseño de un dosificador, se puede expresar que descartando los extremos del tamaño de las estacas mayores a dos desvíos estándar, se mantiene más del 80% de las mismas. En el caso de este ensayo, ese valor se encuentra entre 200 y 350 mm. La variabilidad del diámetro se encuentra en una escala mucho menor, del orden de los 20 mm.

A partir de los datos obtenidos en este muestreo, surge la imposibilidad de seleccionar esquejes homogéneos que posibiliten la dosificación y distribución de forma uniforme, estaca por estaca. Por otra parte, la variabilidad encontrada en el ensayo de brotación, no permite seleccionar una población homogénea.

5. ANEXO

5.1 Gráficos del estrato inferior de la muestra

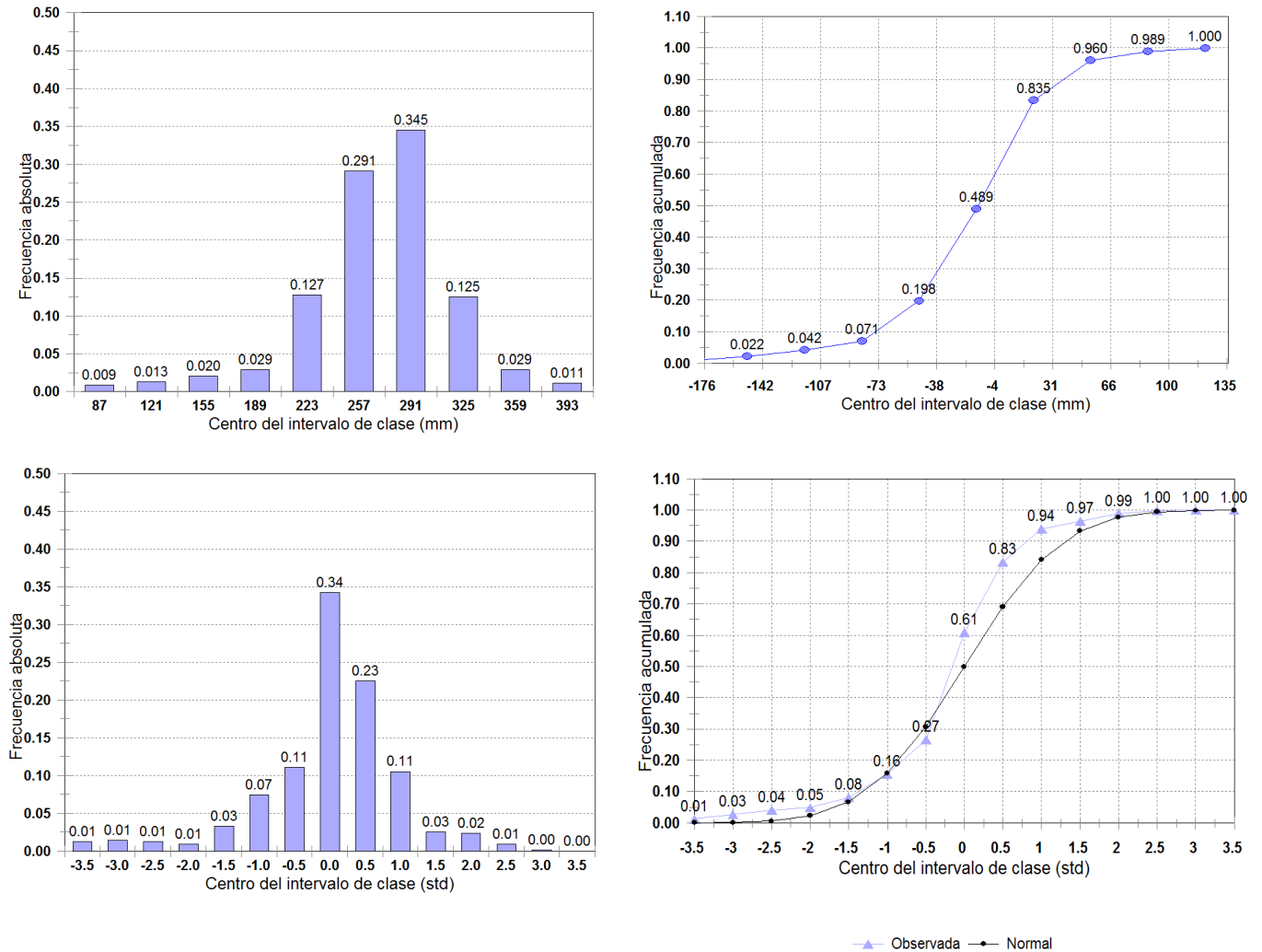


Figura 5.1.1: Largo de estacas. Distribución de frecuencias en función de los intervalos de clase en milímetros y desvíos estándar. Estrato inferior de la muestra.

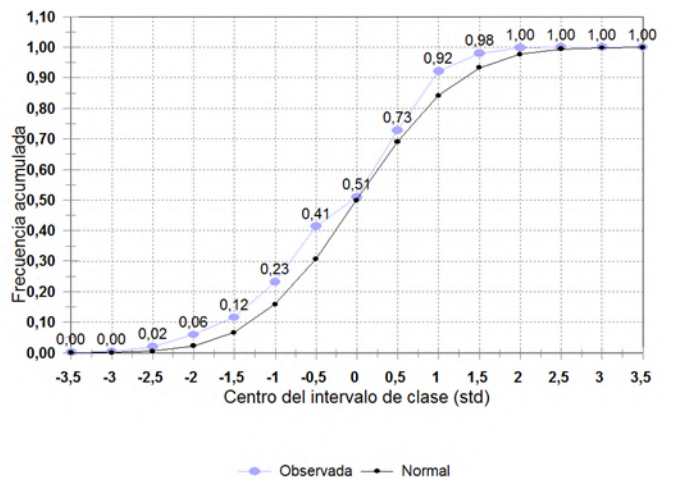
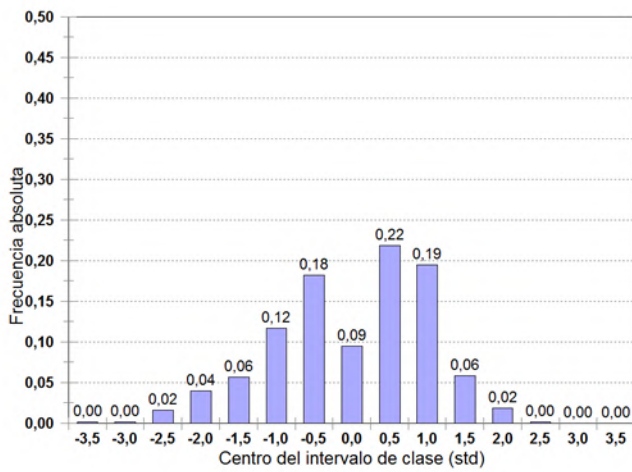
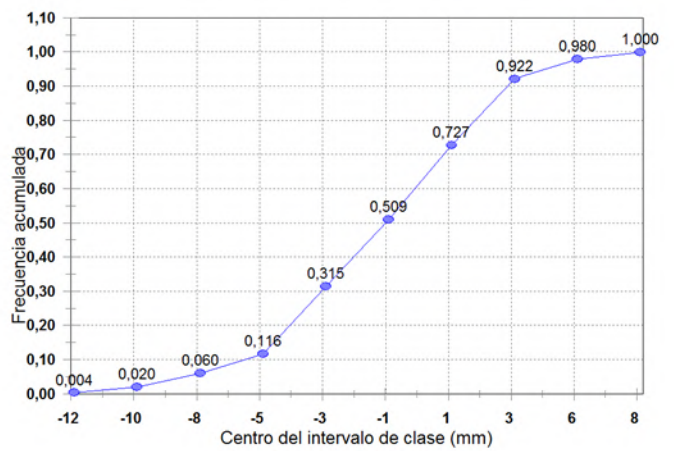
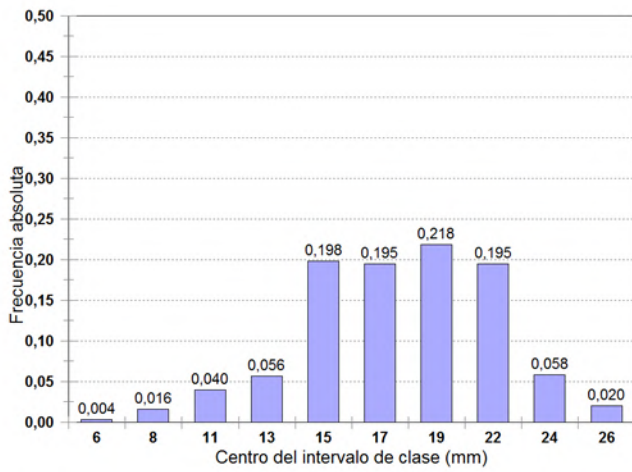


Figura 5.1.2: Diámetro mínimo de estacas. Distribución de frecuencias en función de los intervalos de clase en milímetros y desvíos estándar. Estrato inferior de la muestra.

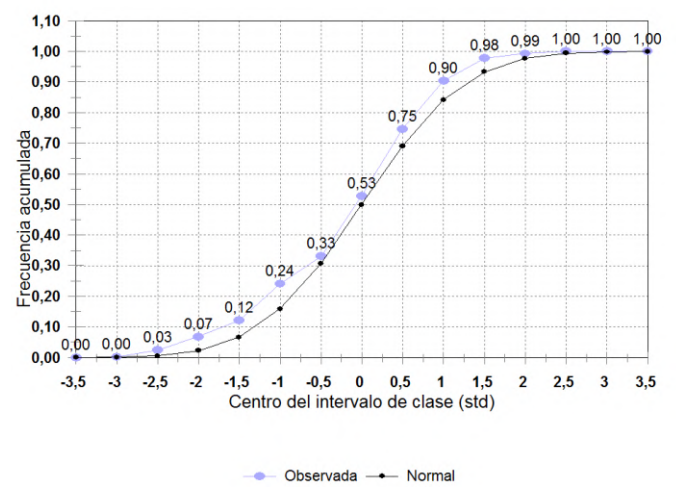
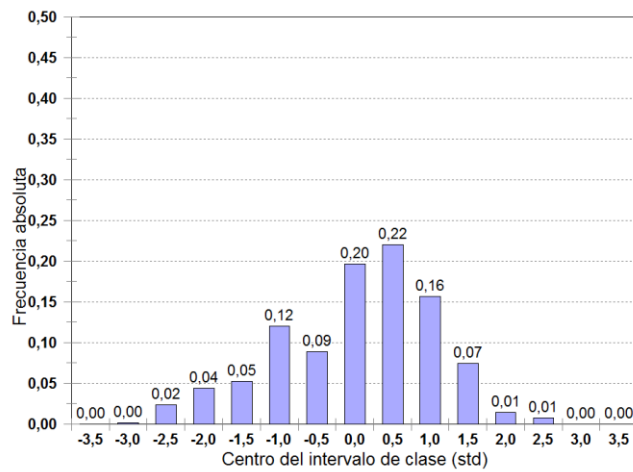
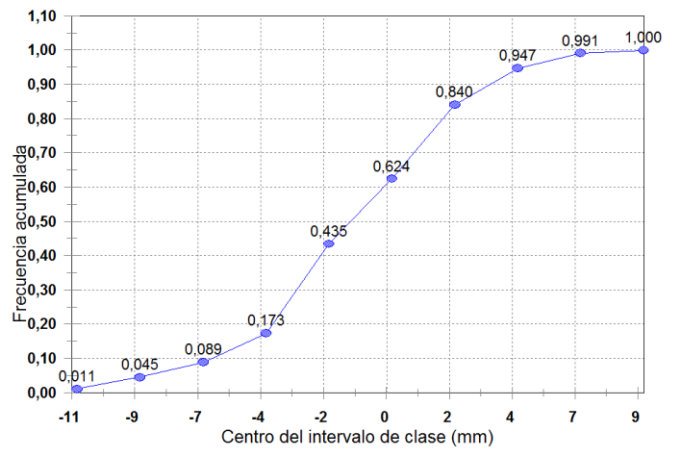
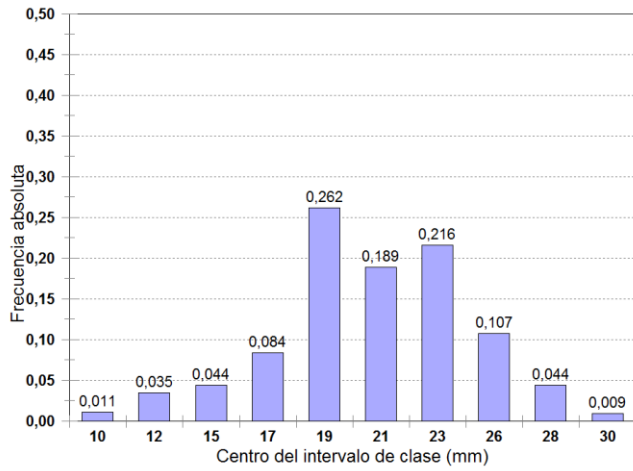


Figura 5.1.3: Diámetro máximo de estacas. Distribución de frecuencias en función de los intervalos de clase en milímetros y desvíos estándar. Estrato inferior de la muestra.

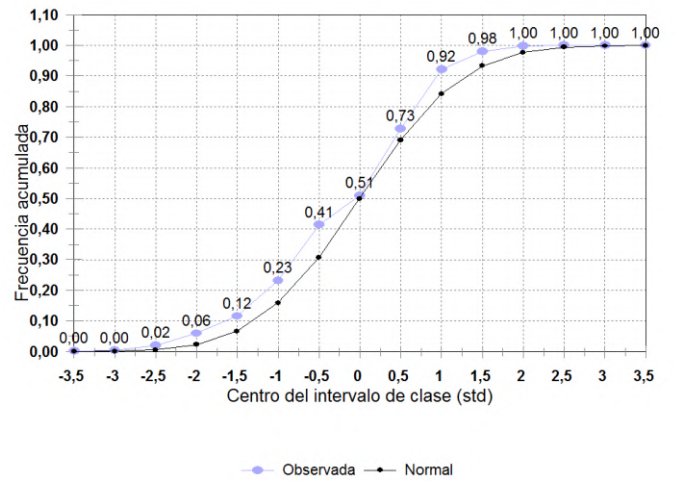
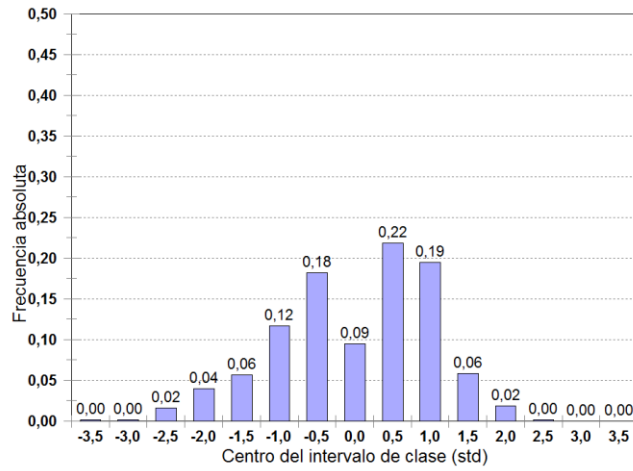
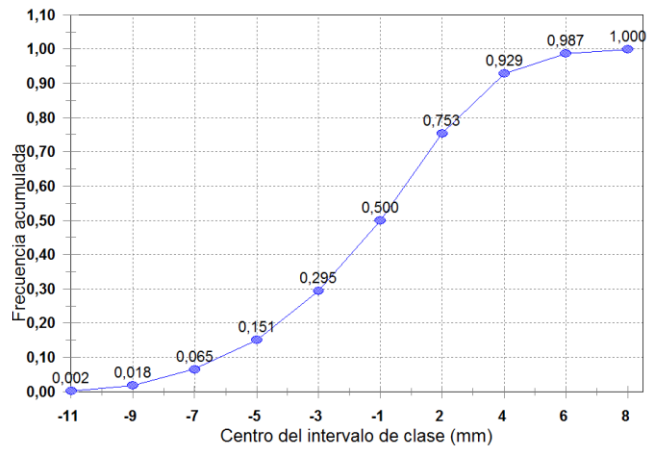
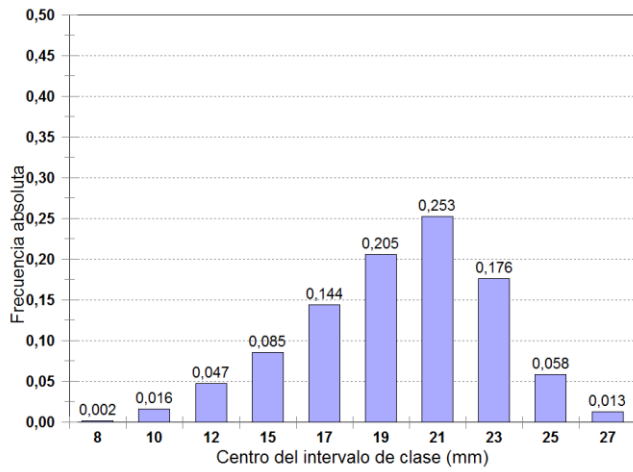


Figura 5.1.4: Diámetro medio de estacas. Distribución de frecuencias en función de los intervalos de clase en milímetros y desvíos estándar. Estrato inferior de la muestra.

5.2. Gráficos del estrato superior de la muestra

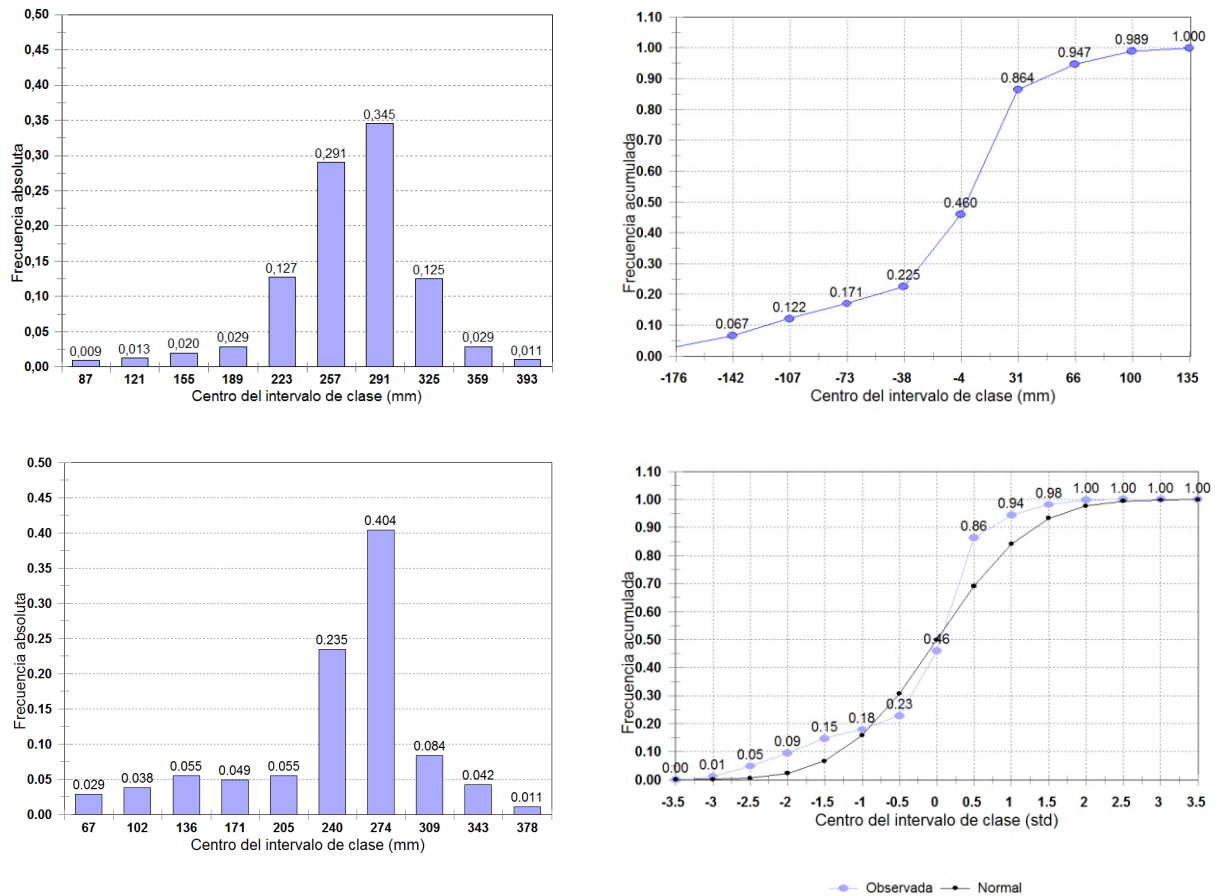


Figura 5.2.1: Largo de estacas. Distribución de frecuencias en función de los intervalos de clase en milímetros y desvíos estándar. Estrato superior de la muestra.

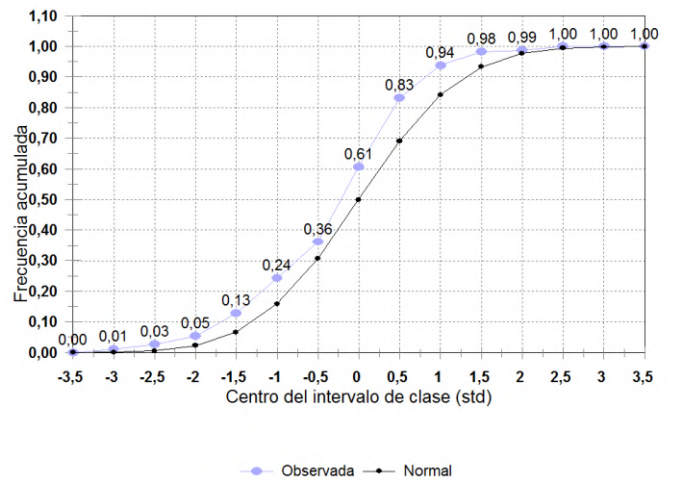
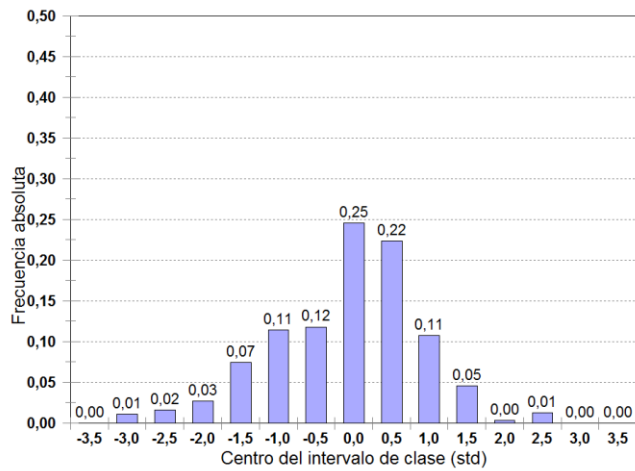
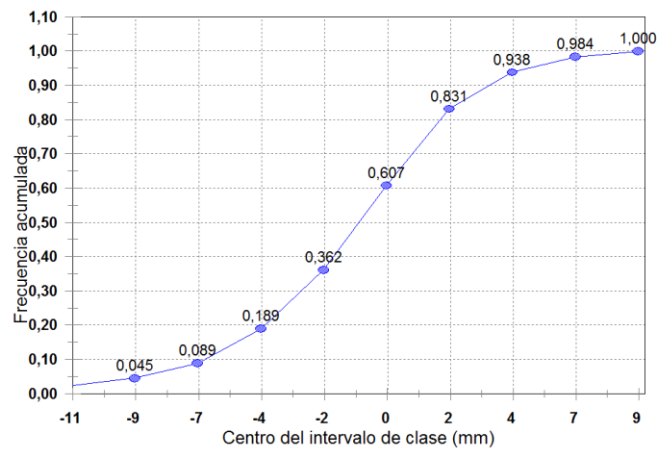
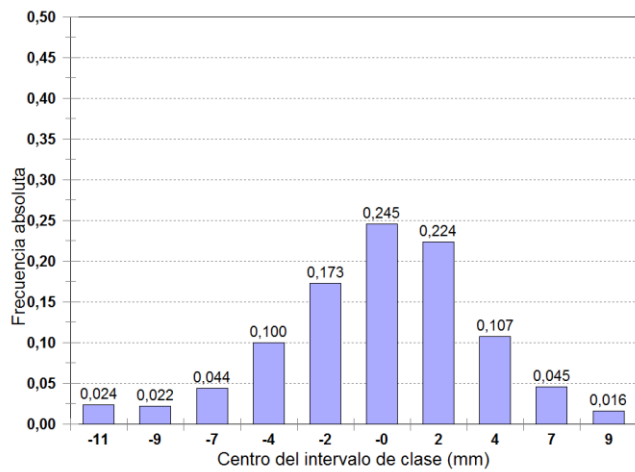


Figura 5.2.2: Diámetro máximo de estacas. Distribución de frecuencias en función de los intervalos de clase en milímetros y desvíos estándar. Estrato superior de la muestra.

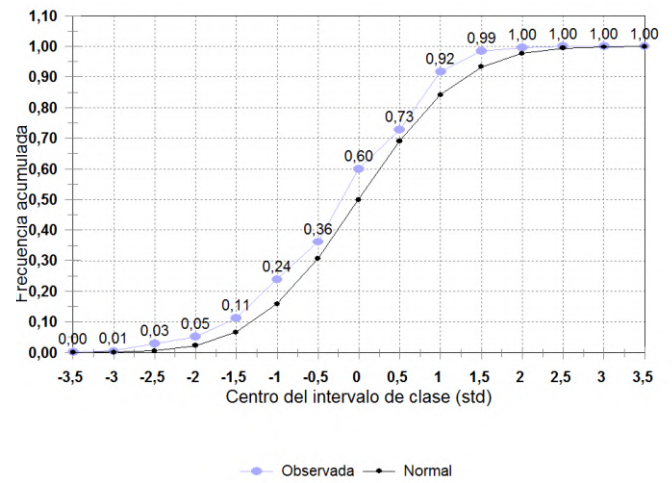
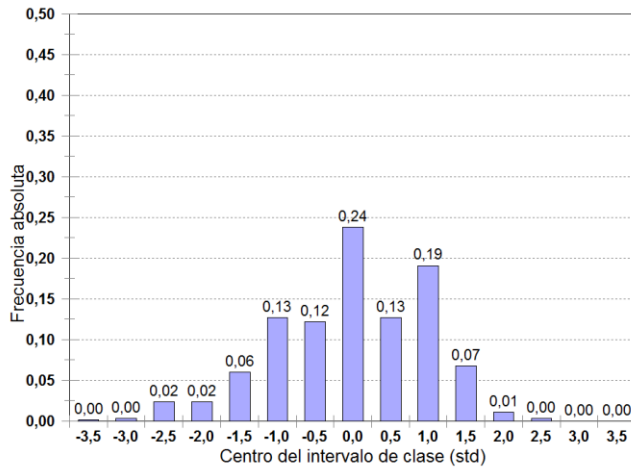
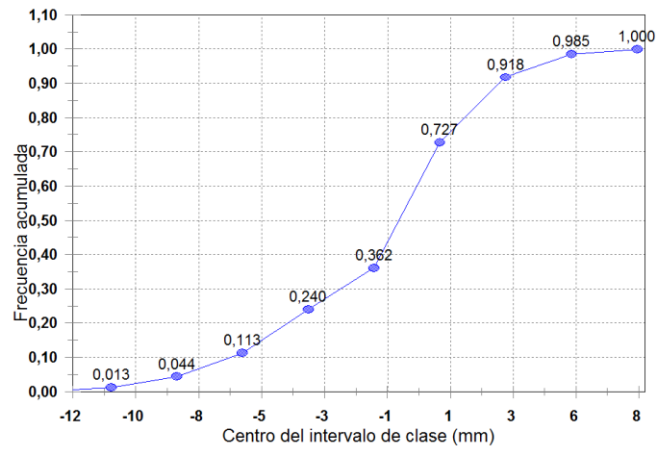
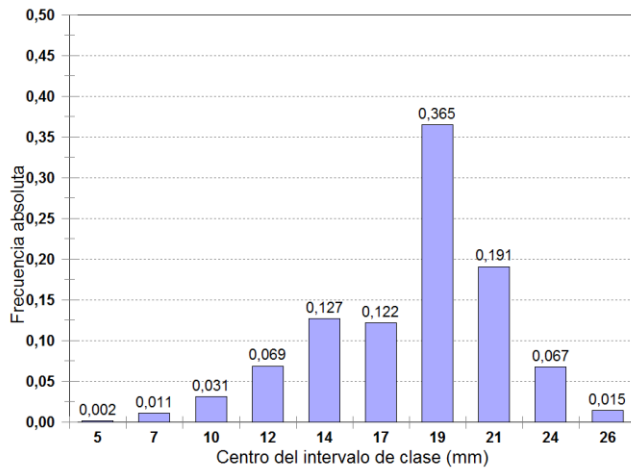


Figura 5.2.3: Diámetro mínimo de estacas. Distribución de frecuencias en función de los intervalos de clase en milímetros y desvíos estándar. Estrato superior de la muestra.

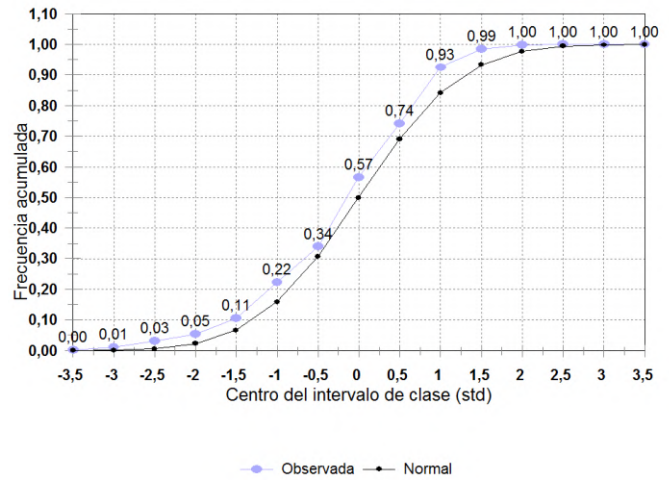
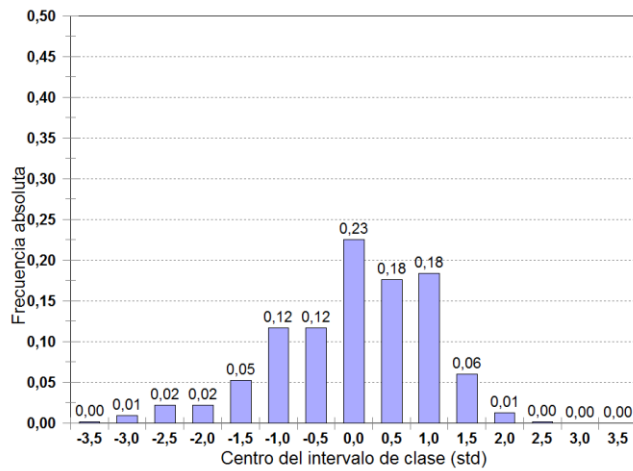
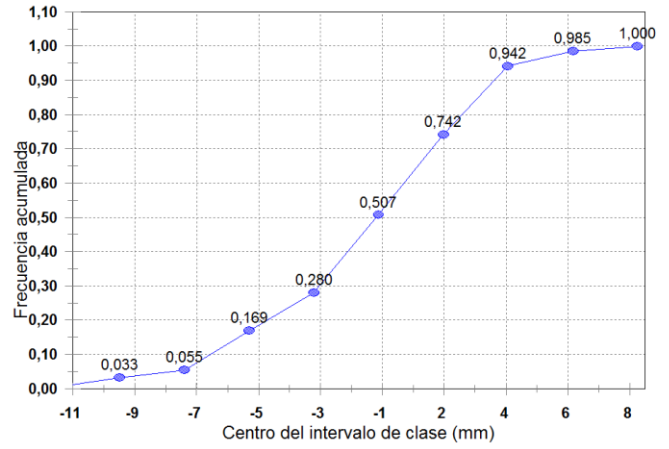
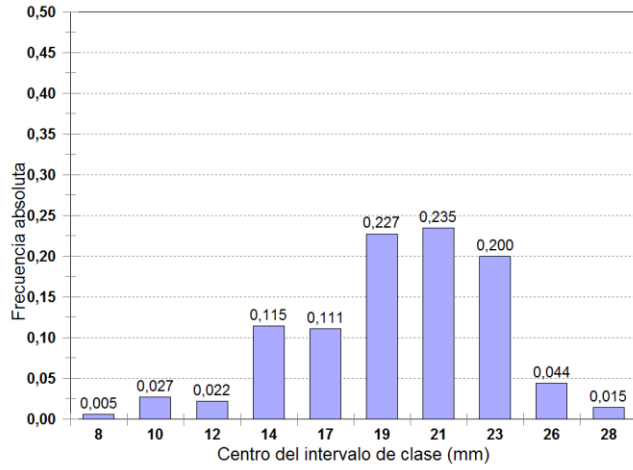


Figura 5.2.4: Diámetro medio de estacas. Distribución de frecuencias en función de los intervalos de clase en milímetros y desvíos estándar. Estrato superior de la muestra.

6. BIBLIOGRAFÍA

Aude, M.I.S. 1993. Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar e suas relações com a produtividade. *Ciência Rural*, V. 23, n. 2, 241-248.

Baracat Neto, J., F.V. Scarpore, R. Branco de Araújo and J.A. Scarpore-Filho. 2017. Initial development and yield in sugarcane from different propagules. *Pesq. Agropec. Trop.*, Goiânia, v. 47, n. 3, 273-278. e-ISSN 1983-4063 - www.agro.ufg.br/pat

Barnes, A.C. 1974. *The Sugar Cane*. Leonard Hill Books, Aylesbury. 572 pp.

Beauclair, E.G.F. and M.S. Scarpari. 2006. Noções fitotécnicas. En: Rípoli, T.C.C. et al. (Eds). *Plantío de cana-de-açúcar: estado da arte*. Piracicaba: Livroceres, 2006: 80-91

Bordonal, R. de O., J.L.N. Carvalho, L. Rattan, E. Barretto de Figueiredo, B. Gonçalves, de Oliveira and N. La Scala, Jr. 2018. Sustainability of sugarcane production in Brazil. A review. *Agronomy for sustainable development* 2018 v.38 no.2. 13 pp. ISSN: 1774-0746

Casagrande, A.A. 1991. *Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar*. Jaboticabal: Funep.

Cassalett Davila, C. (ed.) *Centro de Investigación de la Cana de Azúcar de Colombia*, Cali (Colombia) spa Torres Aguas, J. (ed.) Isaacs Echeverri, C. (ed.). 1995. *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia*. Citado por Digonzelli, P.A., E.R. Romero, J. Scandalariis, O. Arce, J.F. Tonatto y M.F. Leggio Neme. 2006. Dinámica de la brotación potencial de caña semilla micropropagada y termotratada de tres cultivares de caña de azúcar. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán Tomo 83 (1-2): 1-7* - ISSN 0370-5404

Costilla, D.D., M.E. Arias, M.B. García, N. Delgado, E.R. Chavanne y M.I. Cuenya. 2013. Descripción botánica y registro de las variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) TUCCP 77-42, RA 87-3 y LCP 85-384, en el Registro Nacional de Cultivares de la República Argentina. *NOTA TÉCNICA. Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán Tomo 90 (1): 51-55* - ISSN 0370-5404

Daros, E, R.A. Oliveira, J.L.C. Zambon, J.C. Bepalhok Filho, B.P. Brasileiro, O.T. Ido, L. Ruaro and H. Weber. 2017 RB036088 - A sugarcane cultivar for mechanical planting and harvesting. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 17: 84-88.

Donaldson, R.A. 2009. Season effects on the potential biomass and sucrose accumulation of some commercial cultivars of sugarcane. PhD thesis, University of Kwazulu Natal, South Africa.

Goodall, J.L. 1998. Factors affecting germination and growth of sugarcane transplants. Tesis de Maestría. Department of Microbiology and Plant Pathology, University of Natal, Pietermaritzburg. 175 pp.

Melo, G.A., J.D. Alves and L.E.M.D. Oliveira. 1995. Propagação da cana-de-açúcar - alterações dos componentes de reserva do tolete durante a brotação. *STAB - Açúcar álcool e Subprodutos*, v. 13, 10-15.

Panje, R.R. and T. Raja Rao. 1963. Studies on the germination and moisture relationships of sugarcane setts. Indian Institute of Sugarcane Research, Lucknow, India. pp. 140-154. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1964.tb07366.x>.

Pessan, E.B. and E. Scartozzoni. 2012. Plantío mecanizado de Cana-de-açúcar (*saccharum* spp.) Uma abordagem geral. Monografía (Trabajo de Graduación en Tecnología de mecanización en agricultura de precisión – Facultad de Tecnología “Shunji Nishimura” – Pompeia. Dir. Prof. Me. Edson Massao Tanaka

Romero, E.R. 2009. Manual del cañero / Eds. Romero, E.R.; P.A. Digonzelli; J. Scandaliaris. - 1a ed. - Las Talitas: Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. 232 pp. ISBN 978-987-21283 7 1

Romero, E.R., J. Scandaliaris, J. Tonatto, M.F. Leggio Neme y L. Alonso. 2006. Efectos de los principales factores de manejo de la plantación en la emergencia de caña planta en Tucumán, Argentina. Revista industrial y agrícola de Tucumán. v.83 n.1-2 Las Talitas ene./dic. Versión On-line ISSN 1851-3018

Sime, M. 2013. The effect of different cane portions on sprouting, growth and yield of sugarcane (*Saccharum* spp. L.) International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 3, Issue 1, January 2013. ISSN 2250-3153

Waguespack, H.J., W. Jackson, N. Blackwelder, R. Viator and M. Salassi. 2016. Mechanical planter modifications improve planting efficiency in sugarcane. Journal - American Society of Sugar Cane Technologists 2016 Vol.36: 31-40 ref.17

Van Dillewijn, C. 1952. Botánica de la caña de azúcar. La Habana, Cuba: Editorial Revolucionaria. Instituto Cubano del Libro. 460 pp.

Yang, S. and J. Chen. 1980. Germination response of sugarcane cultivars to soil moisture and temperature. Taiwan Sugar Research Institute, Tainan, Taiwan. pp. 30-36

La presente publicación integra una serie de Informes Técnicos editada por el Laboratorio de Terramecánica e Implantación de Cultivos del Instituto de Ingeniería Rural. Estos informes tienen como finalidad poner a disposición de los profesionales oficiales y privados, la información generada en los trabajos de investigación llevados a cabo por el mismo.



Ministerio de Agroindustria
Presidencia de la Nación