



**UNIVERSIDAD NACIONAL NORDESTE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN VEGETAL**

TESIS DE MAGÍSTER

**Respuesta de dos variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*),
de distinta precocidad, a variaciones en la disponibilidad hídrica del
suelo durante el periodo crítico del cultivo.**

TESISTA: Ing. Agr. CARLOS MARÍA ESPÍNDOLA

DIRECTOR: Ing. Agr. (PhD.) MARCELO JAVIER PAYTAS

AÑO: 2015

Agradecimientos

En primer lugar, a Dios todo poderoso y a la Santísima Virgen María, que con sus constantes bendiciones son mi fuente de inspiración y guía en todo momento.

A mi esposa, Gisela P. Bariz, que siempre me brindó su apoyo incondicional frente a las adversidades y prosperidades.

A mi padre Carlos A. Espíndola, mi madre Adela B. Zini y mis hermanos Cecilia y Juan Pablo que fueron un gran soporte durante toda esta etapa. Mi familia me formó, me educó y me acompañó durante toda mi vida.

Especialmente a mi amigo y director de mi trabajo de tesis Ing. Agr. (PhD.) Marcelo J. Paytas, que gracias a su motivación, formación, predisposición y dedicación absoluta y desinteresada logré llevar a delante mis estudios.

A mis amigos y compañeros de la AER Las Toscas: Ing. Agr. Ana Deambrosi, Méd. Vet. Daniel Bosch, Ricardo Massaro, José Sotelo, y a Claudio Rodríguez, quienes me brindaron siempre y en todo momento su predisposición, colaboración y motivación para llevar a delante esta etapa de mi vida.

Al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) por darme la posibilidad de seguir formándome en mi carrera profesional. En especial al Ing. Agr. (M.Sc.) José L. Spontón, Director del Centro Regional de Santa Fe y al Ing. Agr. (M.Sc.) Gabriel Lacelli, Director de la Estación Experimental de Reconquista, quienes siempre se vieron muy bien predispuestos ante cualquier necesidad que surgía.

Al personal técnico y personal de campo del Centro Operativo Experimental de Tacuarendí, en especial al Médico Veterinario Duilio Santana, quien me cedió el espacio para realizar los ensayos de tesis.

Y a todos los que de una manera u otra hicieron posible y/o facilitaron mis estudios y trabajos de tesis.

Tabla de Contenidos

Agradecimientos	I
Tabla de Contenidos	II
Lista de Figuras	IV
Lista de tablas	VII
Lista de Anexos	XV
Abreviaturas	XVI
CAPÍTULO 1: Antecedentes	1
1.1 Introducción	1
1.2 Hipótesis de trabajo.....	5
1.3 Objetivo General.....	6
1.4 Objetivos Específicos.....	6
CAPÍTULO 2: Efecto de la variación de la OHTA en el crecimiento durante la fase fenológica de activo o gran crecimiento	7
2.1 Introducción	7
2.2 Objetivo Específico.....	8
2.3 Materiales y Métodos.....	8
2.3.1 Prácticas de manejo del cultivo.....	8
2.3.2 Instalación del sistema de riego.....	9
2.3.3 Determinación de la dosis y momento de riego	10
2.3.4 Variables Determinadas	12
2.3.4.1 Variables Numéricas	12
2.3.4.2 Variables Ecofisiológicas	13
2.3.5 Diseño Estadístico.....	13
2.4 Resultados y Discusión	14
2.4.1 Condiciones hídricas presentadas en las distintas campañas.....	14
2.4.2 Efecto de la OHTA sobre la producción de Materia Seca Total (MST)	16
2.4.3 Eficiencia en el Uso del Agua (EUA) durante los meses de enero, febrero y marzo.....	20
2.4.4 Relación OHTA y Altura Promedio de Tallos (APT)	25
2.4.5 Relación entre el Promedio Mensual de la Elongación Semanal de Tallos (PMEST) y la OHTA.....	29
2.4.6 Relación Área Foliar (AF) y la OHTA	35

2.4.7	Partición de Asimilados respecto de la OHTA.....	41
2.5	Consideraciones Generales y Conclusión.....	57
CAPÍTULO 3: Consecuencias de una restricción en la OHTA sobre la población de tallos y sus pesos.....		60
3.1	Introducción	60
3.2	Objetivo Específico.....	60
3.3	Materiales y Métodos.....	60
3.4	Resultados y Discusión	60
3.4.1	Número de Macollos por metro lineal	60
3.4.2	Mortandad de macollos (MM) por metro lineal	65
3.4.3	Número de Tallos a Molienda (TaM).....	69
3.4.4	Relación entre el Número de Tallos a Molienda (TaM ha ⁻¹) y la OHTA (mm) ..	73
3.4.5	Relación entre el Número de Tallos m lineal ⁻¹ (TaM m lineal ⁻¹) y la Altura Promedio de Tallos (APT) (m).....	75
3.4.6	Peso Promedio de Tallos (PPT)	76
3.4.7	Relación entre el Rendimiento promedio de tallos (t ha ⁻¹) (RPT) y la OHTA (mm)	81
3.4.8	Porcentaje de Reducción del Rendimiento y de la OHTA con respecto al tratamiento de “Riego”	86
3.5	Consideraciones Generales y Conclusión.....	88
CAPÍTULO 4: Impacto de diferentes niveles de OHTA en el contenido de sacarosa y en la maduración del cultivo		90
4.1	Introducción	90
4.2	Objetivo Específico.....	90
4.3	Materiales y Métodos.....	90
4.4	Resultados y Discusión	91
4.4.1	Relación entre Oferta Hídrica Total Acumulada (OHTA) y Litros de Jugos (LJ)	91
4.4.2	Relación la OHTA y Grados Brix (°B).....	95
4.4.3	Relación entre la OHTA y Concentración de Sacarosa en Jugos (CSJ)	100
4.4.4	Relación entre la OHTA y Rendimiento Sacarino (RS).....	105
4.4.5	EUA (kg mm ⁻¹) en relación al Rendimiento Sacarino (t ha ⁻¹).....	109
4.4.6	Porcentaje de reducción de la OHTA y de azúcar producido de acuerdo con el tratamiento de Riego durante todo el ciclo	110
4.5	Consideraciones Generales y Conclusión.....	112

CAPÍTULO 5: Discusión General.....	115
CAPÍTULO 6: Conclusiones Finales	118
BIBLIOGRAFÍA.....	120

Lista de Figuras

Figura 1.1 - Imagen satelital referenciada de la ubicación de la cuenca cañera santafesina.....	1
Figura 1.2 - Fases fenológicas del cultivo de la caña de azúcar (Romero <i>et al.</i> , 2009).....	3
Figura 1.3 - Diagrama de la producción de rendimiento de acuerdo con las condiciones ambientales y nutricionales en caña de azúcar.....	5
Figura 2.1 - Ubicación geográfica del lote experimental.....	8
Figura 2.2 - Croquis del módulo experimental de riego por goteo.....	13
Figura 2.3 - Evapotranspiración diaria del cultivo (mm), para los meses de enero y febrero y para las dos campañas evaluadas.....	14
Figura 2.4 - Oferta hídrica acumulada por tratamiento, para los meses de enero y febrero y para ambas campañas.....	15
Figura 2.5 - Efecto de la OHTA sobre la producción de Materia Seca Total, Materia Seca de Tallos y la Materia Seca de Hojas. (a) Campaña 2011/2012, (b) Campaña 2012/2013.....	16
Figura 2.6a – EUA para el mes de enero. Campaña 2011/2012.....	20
Figura 2.6b – EUA para el mes de enero. Campaña 2012/2013.....	21
Figura 2.6c – EUA para el mes de febrero. Campaña 2011/2012.....	22
Figura 2.6d – EUA para el mes de febrero. Campaña 2012/2013.....	23
Figura 2.6e – EUA para el mes de marzo. Campaña 2011/2012.....	23
Figura 2.6f – EUA para el mes de marzo. Campaña 2012/2013.....	24
Figura 2.7 - Comportamiento de la variable Altura Promedio de Tallos en función de la OHTA. Campaña 2011-2012.....	26
Figura 2.8 - Comportamiento de la variable Altura Promedio de Tallos en función a la OHTA. Campaña 2012-2013.....	28

Figura 2.9 - Evaluación del Promedio Mensual de la Elongación Semanal de Tallos (PMEST) con relación a la OHTA mensual para cada campaña y tratamiento planteado. LCP 85-384. (a) Campaña 2011/2012; (b) Campaña 2012/2013.....	32
Figura 2.10 - Evaluación del Promedio Mensual de la Elongación Semanal de Tallos (PMEST) con relación a la OHTA mensual para cada campaña y tratamiento planteado. NA 85-1602. (a) Campaña 2011/2012; (b) Campaña 2012/2013.....	34
Figura 2.11 - Evolución del Área Foliar durante los meses de enero, febrero y marzo, de acuerdo con la OHTA para cada mes, en cada tratamiento planteado, para la campaña 2011/2012.....	36
Figura 2.12 - Evolución del Área Foliar durante los meses de enero, febrero y marzo, de acuerdo con la OHTA en cada tratamiento planteado, para la campaña 2012/2013.....	39
Figura 2.13a - Evolución de la Partición de Asimilados en las variedades LCP 85-384 y NA 85-1602, para el mes de enero de la primera campaña.....	42
Figura 2.13b - Evolución de la Partición de Asimilados en las variedades LCP 85-384 y NA 85-1602, para el mes de enero de la segunda campaña.....	43
Figura 2.13c - Evolución de la Partición de Asimilados en las variedades LCP 85-384 y NA 85-1602, para el mes de febrero de la primera campaña.....	47
Figura 2.13d - Evolución de la Partición de Asimilados en las variedades LCP 85-384 y NA 85-1602, para el mes de febrero de la segunda campaña.....	48
Figura 2.13e - Evolución de la Partición de Asimilados en las variedades LCP 85-384 y NA 85-1602, para el mes de marzo de la primera campaña.....	52
Figura 2.13f - Evolución de la Partición de Asimilados en las variedades LCP 85-384 y NA 85-1602, para el mes de marzo de la segunda campaña.....	54
Figura 3.1a - Recuento de Macollos. Campaña 1 y 2 para la variedad LCP 85-384.....	61
Figura 3.1b - Recuento de Macollos. Campaña 1 y 2 para la variedad NA 85-1602.....	62
Figura 3.2a - Relación entre los Macollos Producidos y los Macollos Muertos por metro lineal, para ambas variedades durante la primera campaña.....	65
Figura 3.2b - Relación entre los Macollos Producidos y los Macollos Muertos por metro lineal, para ambas variedades durante la segunda campaña.....	67
Figura 3.3 - Promedio del Número de Tallos m lineal ¹ para ambas variedades y campañas.....	70

Figura 3.4a - Relación entre la OHTA y Número de Tallos a Molienda ha ⁻¹ . Campaña 2011/2012.....	73
Figura 3.4b - Relación entre la OHTA y Número de Tallos a Molienda ha ⁻¹ . Campaña 2012/2013.....	74
Figura 3.5a - Relación entre las variables “Número de Tallos m lineal ⁻¹ ” y la “Altura promedio de Tallos”. Campaña 2011/2012.....	75
Figura 3.5b - Relación entre las variables “Número de Tallos m lineal ⁻¹ ” y la “Altura promedio de Tallos”. Campaña 2012/2013.....	76
Figura 3.6 - Peso Promedio por Tallo para las variedades LCP 85-384 y NA 85-1602 de acuerdo con los distintos tratamientos planteados.....	78
Figura 3.7a - Rendimiento Promedio de Tallos (t ha ⁻¹) de acuerdo con los distintos tratamientos planteados. Campaña 2011/2012.....	81
Figura 3.7b - Rendimiento Promedio de Tallos (t ha ⁻¹) de acuerdo con los distintos tratamientos planteados. Campaña 2012/2013.....	83
Figura 3.8 - Promedio de dos campañas del Porcentaje de Reducción de la OHTA y el Rendimiento de Tallos obtenido de acuerdo con el tratamiento de “Riego”.....	86
Figura 4.1a - Relación entre la OHTA y la cantidad de Litros de Jugos producidos en una hectárea, en ambas variedades y para la primera campaña.....	91
Figura 4.1b - Relación entre la OHTA y la cantidad de Litros de Jugos producidos en una hectárea, en ambas variedades y para la segunda campaña.....	92
Figura 4.1c - Contenido de Jugo por Tallo (l tallo ⁻¹) para cada tratamiento, en ambas variedades y campañas analizadas.....	94
Figura 4.2a - Evolución de los Grados Brix (°B) de acuerdo con los distintos tratamientos planteados. Campaña 2011/2012.....	95
Figura 4.2b - Evolución de los Grados Brix (°B) de acuerdo con los distintos tratamientos planteados. Campaña 2012/2013.....	96
Figura 4.3a - Concentración de Sacarosa en Jugo respecto a los distintos tratamientos hídricos planteados. Campaña 2011/2012.....	101
Figura 4.3b - Concentración de Sacarosa en Jugo respecto a los distintos tratamientos hídricos planteados. Campaña 2012/2013.....	103
Figura 4.4a - Relación entre la OHTA (mm) y el Rendimiento Sacarino (t ha ⁻¹). Campaña 2011/2012.....	106

Figura 4.4b - Relación entre la OHTA (mm) y el Rendimiento Sacarino ($t\ ha^{-1}$).
Campaña 2012/2013.....106

Figura 4.5 - Promedio de dos campañas del Porcentaje de Reducción de la OHTA y del Rendimiento Sacarino obtenido de acuerdo con el tratamiento de "Riego".....111

Lista de tablas

Tabla 2.1 – Análisis químico del agua realizado por personal del Laboratorio de Suelos de la EEA INTA Reconquista.....10

Tabla 2.2 – Caudal registrado por emisor del módulo de riego por goteo.....12

Tabla 2.3 – Condiciones agrometeorológicas de las campañas 2011/2012 y 2012/2013.....14

Tabla 2.4 – Análisis de la varianza ($p<0,05$) de las variables "MST", "MSTa" y "MSH" para cada tratamiento, variedad y campaña en estudio.....17

Tabla 2.5 – Análisis de la varianza ($p<0,05$) de la variable "MST" para cada tratamiento, variedad y campaña en estudio.....17

Tabla 2.6 – Análisis de la varianza ($p<0,05$) de la variable "MST" para cada tratamiento, variedad y campaña en estudio.....18

Tabla 2.7 – Porcentajes de Reducción de la MST respecto del tratamiento "Riego durante todo el ciclo" para las campañas 2011/2012 y 2012/2013 y para el promedio de ellas.....19

Tabla 2.8a – Análisis de la varianza ($p<0,05$) de la variable "EUA", entre ambas variedades, durante el mes enero y para cada tratamiento en estudio. Campaña 2011/2012.....21

Tabla 2.8b – Análisis de la varianza ($p<0,05$) de la variable "EUA", entre ambas variedades, durante el mes enero y para cada tratamiento en estudio. Campaña 2012/2013.....21

Tabla 2.8c – Análisis de la varianza ($p<0,05$) de la variable "EUA", entre ambas variedades, durante el mes febrero y para cada tratamiento en estudio. Campaña 2011/2012.....22

Tabla 2.8d – Análisis de la varianza ($p<0,05$) de la variable "EUA", entre ambas variedades, durante el mes febrero y para cada tratamiento en estudio. Campaña 2012/2013.....23

Tabla 2.8e – Análisis de la varianza ($p<0,05$) de la variable "EUA", entre ambas variedades, durante el mes marzo y para cada tratamiento en estudio. Campaña 2011/2012.....24

Tabla 2.8f – Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la variable “EUA”, entre ambas variedades, durante el mes marzo y para cada tratamiento en estudio. Campaña 2012/2013.....	24
Tabla 2.9 – Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la variable “EUA”, entre los distintos tratamientos, durante los mes de enero, febrero y marzo, para cada variedad y campaña en estudio.....	25
Tabla 2.10 – Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la variable “Altura Promedio de Tallos”, entre los distintos tratamientos y para cada variedad. Campaña 2011/2012.....	26
Tabla 2.11 – Porcentajes de reducción de la APT respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo” para las campañas 2011/2012 y 2012/2013 y para el promedio de ellas.....	26
Tabla 2.12 – Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la variable “Altura Promedio de Tallos”, entre las variedades y para cada tratamiento. Campaña 2011/2012.....	27
Tabla 2.13 – Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la variable “Altura Promedio de Tallos”, entre los distintos tratamientos y para cada variedad. Campaña 2012/2013.....	28
Tabla 2.14 – Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la variable “Altura Promedio de Tallos”, entre las variedades y para cada tratamiento. Campaña 2012/2013.....	28
Tabla 2.15a – Porcentajes de Reducción del PMEST respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad LCP 85-384 y para cada tratamiento. Campaña 2011/2012.....	30
Tabla 2.15b – Porcentajes de Reducción del PMEST respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad LCP 85-384 y para cada tratamiento. Campaña 2012/2013.....	30
Tabla 2.16 – Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la variable “PMEST”, entre los distintos tratamientos y para los meses de enero, febrero y marzo. LCP 85-384. A) Campañas 2011/2012 y B) 2012/2013.....	32
Tabla 2.17a – Porcentajes de Reducción del “PMEST” respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad NA 85-1602 y para cada tratamiento. Campaña 2011/2012.....	33
Tabla 2.17b – Porcentajes de Reducción del “PMEST” respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad NA 85-1602 y para cada tratamiento. Campaña 2012/2013.....	33

Tabla 2.18 – Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la variable “PMEST”, entre los distintos tratamientos y para los meses de enero, febrero y marzo. NA 85-1602.....	35
Tabla 2.19a – Porcentajes de Reducción del Área foliar respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad NA 85-1602 y para cada tratamiento. Campaña 2011/2012.....	36
Tabla 2.19b – Porcentajes de Reducción del Área foliar respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad LCP 85-384 y para cada tratamiento. Campaña 2011/2012.....	37
Tabla 2.20 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los datos obtenidos de Área Foliar durante la primera campaña de ensayos, para ambas variedades.....	38
Tabla 2.21 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los datos obtenidos de Área Foliar durante la segunda campaña de ensayos, para ambas variedades.....	39
Tabla 2.19c – Porcentajes de Reducción del Área Foliar respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad LCP 85-384 y para cada tratamiento. Campaña 2012/2013.....	40
Tabla 2.19d – Porcentajes de Reducción del Área Foliar respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad NA 85-1602 y para cada tratamiento. Campaña 2012/2013.....	40
Tabla 2.22a – Porcentajes de Reducción de “MST”, “MSTa” y “MSH” respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad LCP 85-384 y para cada tratamiento. Enero 2012.....	42
Tabla 2.22b – Porcentajes de reducción de “MST”, “MSTa” y “MSH” respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad LCP 85-384 y para cada tratamiento. Enero 2013.....	44
Tabla 2.22c – Porcentajes de Reducción de “MST”, “MSTa” y “MSH” respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad NA 85-1602 y para cada tratamiento. Enero 2012.....	45
Tabla 2.22d – Porcentajes de Reducción de “MST”, “MSTa” y “MSH” respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad NA 85-1602 y para cada tratamiento. Enero 2013.....	46
Tabla 2.22e – Porcentajes de Reducción de “MST”, “MSTa” y “MSH” respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad LCP 85-384 y para cada tratamiento. Febrero 2012.....	47
Tabla 2.22f – Porcentajes de Reducción de “MST”, “MSTa” y “MSH” respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad LCP 85-384 y para cada tratamiento. Febrero 2013.....	49

Tabla 2.22g – Porcentajes de Reducción de “MST”, “MSTa” y “MSH” respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad NA 85-1602 y para cada tratamiento. Febrero 2012.....	50
Tabla 2.22h – Porcentajes de Reducción de “MST”, “MSTa” y “MSH” respecto del tratamiento de “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad NA 85-1602 y para cada tratamiento. Febrero 2013.....	51
Tabla 2.22i – Porcentajes de Reducción de “MST”, “MSTa” y “MSH” respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad LCP 85-384 y para cada tratamiento. Marzo 2012.....	53
Tabla 2.22j – Porcentajes de reducción de “MST”, “MSTa” y “MSH” respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad LCP 85-384 y para cada tratamiento. Marzo 2013.....	54
Tabla 2.22k – Porcentajes de Reducción de “MST”, “MSTa” y “MSH” respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad NA 85-1602 y para cada tratamiento. Marzo 2012.....	55
Tabla 2.22l – Porcentajes de Reducción de “MST”, “MSTa” y “MSH” respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad NA 85-1602 y para cada tratamiento. Marzo 2013.....	56
Tabla 3.1a – Porcentajes de Reducción del Número de Macollos m lineal ⁻¹ en la segunda campaña, respecto de la primera. LCP 85-384.....	61
Tabla 3.2a - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número de Macollos m lineal ⁻¹ entre las dos campaña de ensayos, para las variedades LCP 85-384.....	62
Tabla 3.2b - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número de Macollos m lineal ⁻¹ entre las dos campaña de ensayos, para las variedades NA 85-1602.....	62
Tabla 3.1b – Porcentajes de Reducción del Número de Macollos m lineal ⁻¹ en la segunda campaña, respecto de la primera. NA 85-1602.....	63
Tabla 3.3 – Porcentajes de Reducción del Número de Macollos m lineal ⁻¹ de la variedad NA 85-1602 respecto de LCP 85-384 durante la primera campaña.....	64
Tabla 3.4 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número de Macollos m lineal ⁻¹ entre ambas variedades, para cada tratamiento y para las campañas 2011/2012 y 2012/2013.....	64
Tabla 3.5 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número de Macollos m lineal ⁻¹ , para cada tratamiento y ambas variedades. A) Campañas 2011/2012 y B) 2012/2013.....	64
Tabla 3.6 – Porcentajes del Número de Macollos Muertos m lineal ⁻¹ , respecto de los producidos durante la primera campaña.....	65
Tabla 3.7a - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número de Macollos Muertos m lineal ⁻¹ , para cada tratamiento y en ambas variedades. Campaña 2011/2012.....	66

Tabla 3.8a - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número de Macollos Muertos $m \text{ lineal}^{-1}$, entre ambas variedades y para cada tratamiento. Campaña 2011/2012.....66

Tabla 3.9 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número de Macollos Muertos $m \text{ lineal}^{-1}$ respecto a los macollos totales producidos, entre ambas campañas y para cada tratamiento. A) LCP 85-384. B) NA 85-1602.....67

Tabla 3.10 – Porcentajes del Número de Macollos Muertos $m \text{ lineal}^{-1}$, respecto de los producidos durante la segunda campaña.....68

Tabla 3.7b - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número de Macollos Muertos $m \text{ lineal}^{-1}$, para cada tratamiento y en ambas variedades. Campaña 2012/2013.....68

Tabla 3.8b - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número de Macollos Muertos $m \text{ lineal}^{-1}$, entre ambas variedades y para cada tratamiento. Campaña 2012/2013.....69

Tabla 3.11 – Porcentajes del Número Tallos a Molienda $m \text{ lineal}^{-1}$, respecto de los Macollos Producidos durante la primera campaña.....70

Tabla 3.12a - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número Tallos a Molienda $m \text{ lineal}^{-1}$, para cada tratamiento y en ambas variedades. Campaña 2011/2012.....71

Tabla 3.13a - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número de Tallos $m \text{ lineal}^{-1}$, respecto del total de macollos producidos, entre ambas variedades y para cada tratamiento. Campaña 2011/2012.....71

Tabla 3.14 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) Tallos $m \text{ lineal}^{-1}$. A) LCP 85-384. B) NA 85-1602.....71

Tabla 3.15 – Porcentajes del Número Tallos a Molienda $m \text{ lineal}^{-1}$, respecto de los macollos producidos durante la segunda campaña.....72

Tabla 3.12b - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número Tallos a Molienda $m \text{ lineal}^{-1}$, para cada tratamiento y en ambas variedades. Campaña 2012/2013.....72

Tabla 3.13b - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número de Tallos $m \text{ lineal}^{-1}$, respecto del total de Macollos Producidos, entre ambas variedades y para cada tratamiento. Campaña 2012/2013.....73

Tabla 3.16 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número de Tallos $m \text{ lineal}^{-1}$, entre ambas variedades y para cada tratamiento. A) Campaña 2011/2012. B) Campaña 2012/2013.....74

Tabla 3.17 - Análisis de correlación entre las variables “Altura” y “Número de tallos”, para ambas variedades y campañas.....76

Tabla 3.18 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Peso Promedio Tallos $^{-1}$, para cada tratamiento y para cada variedades. A) Campaña 2011/2012 y B) Campaña 2012/2013.....76

Tabla 3.19a – Porcentajes de reducción del Peso Promedio Tallo $^{-1}$, respecto a lo obtenido para el tratamiento “Riego”, en la variedad LCP 85-384, durante la primera campaña.....77

Tabla 3.20a - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Peso Promedio Tallo ⁻¹ , entre ambas campañas y para cada tratamiento. LCP 85-384.....	77
Tabla 3.19b – Porcentajes de Reducción del Peso Promedio Tallo ⁻¹ , respecto a lo obtenido para el tratamiento “Riego”, en la variedad LCP 85-384, durante la segunda campaña.....	78
Tabla 3.20b - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Peso Promedio Tallo ⁻¹ , entre ambas campañas y para cada tratamiento. NA 85-1602.....	78
Tabla 3.19c – Porcentajes de Reducción del Peso Promedio Tallo ⁻¹ , respecto a lo obtenido para el tratamiento “Riego”, en la variedad NA 85-1602, durante la primera campaña.....	79
Tabla 3.19d – Porcentajes de Reducción del Peso Promedio Tallo ⁻¹ , respecto a lo obtenido para el tratamiento “Riego”, en la variedad NA 85-1602, durante la segunda campaña.....	79
Tabla 3.21 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Peso Promedio Tallo ⁻¹ , entre ambas variedades y para cada tratamiento, en ambas campañas.....	80
Tabla 3.22 – Porcentajes de Reducción del Peso Promedio Tallo ⁻¹ , en la segunda campaña respecto a lo obtenido en la primera, para cada tratamiento y en ambas variedades.....	81
Tabla 3.23 – Porcentajes de Reducción del Rendimiento de Tallos ha ⁻¹ , en los distintos tratamientos con respecto a lo obtenido en el de “Riego”, durante la primera campaña. A) LCP 85-384 y B) NA 85-1602.....	82
Tabla 3.24a - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Rendimiento de Tallos ha ⁻¹ , para cada tratamiento y para cada variedad. Campaña 2011/2012.....	82
Tabla 3.25a - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Rendimiento de Tallos ha ⁻¹ , entre ambas variedades y para cada tratamiento. Campaña 2011/2012.....	83
Tabla 3.26 – Porcentajes de Reducción del Rendimiento de Tallos ha ⁻¹ , en los distintos tratamientos con respecto a lo obtenido en el de “Riego”, durante la segunda campaña. A) LCP 85-384 y B) NA 85-1602.....	84
Tabla 3.24b - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Rendimiento de Tallos ha ⁻¹ , para cada tratamiento y para cada variedad. Campaña 2012/2013.....	85
Tabla 3.25b - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Rendimiento de Tallos ha ⁻¹ , entre ambas variedades y para cada tratamiento. Campaña 2012/2013.....	85
Tabla 3.27 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Rendimiento de Tallos ha ⁻¹ , entre ambas campañas y para cada tratamiento.....	85
Tabla 3.28 – Porcentajes de Reducción del Rendimiento de Tallos ha ⁻¹ Promedio de dos campañas y de la Oferta Hídrica Total Acumulada en los distintos tratamientos con respecto a lo obtenido en el de “Riego”.....	87

Tabla 4.1a - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Litros de Jugos ha^{-1} , para cada tratamiento y para cada variedad. Campaña 2011/2012.....	92
Tabla 4.2a - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Litros de Jugos ha^{-1} , entre ambas variedades y para cada tratamiento. Campaña 2011/2012.....	92
Tabla 4.1b - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Litros de Jugos ha^{-1} , para cada tratamiento y para cada variedad. Campaña 2012/2013.....	93
Tabla 4.2b - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Litros de Jugos ha^{-1} , entre ambas variedades y para cada tratamiento. Campaña 2012/2013.....	93
Tabla 4.3 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Litros de Jugo ha^{-1} , entre ambas campañas y para cada tratamiento. A) LCP 85-384 y B) NA 85-1602.....	93
Tabla 4.4 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Litros de Jugos en Tallo (l tallo $^{-1}$), para cada tratamiento y para cada variedad en ambas campañas.....	94
Tabla 4.5 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Litros de Jugos Tallo $^{-1}$, entre ambas variedades y para cada tratamiento en ambas campañas.....	94
Tabla 4.6 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Litros de Jugo Tallo $^{-1}$, entre ambas campañas y para cada tratamiento en ambas variedades.....	95
Tabla 4.7 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Grados brix en jugos, en los distintos meses de análisis, para cada tratamiento, durante la primera campaña, en ambas variedades.....	96
Tabla 4.8 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Grados brix en jugos, en los distintos meses de análisis, para cada tratamiento, durante la segunda campaña, en ambas variedades.....	97
Tabla 4.9 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Grados Brix, entre ambas variedades y para cada tratamiento. Campaña 2011/2012 A) Marzo, B) Abril, C) Mayo y D) Junio.....	97
Tabla 4.10 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Grados Brix, entre ambas variedades y para cada tratamiento. Campaña 2012/2013. A) Marzo, B) Abril, C) Mayo y D) Junio.....	98
Tabla 4.11 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Grados Brix en jugos, entre ambas campañas, para cada tratamiento y para la LCP 85-384. A) Marzo, B) Abril, C) Mayo y D) Junio.....	99
Tabla 4.12 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Grados Brix en jugos, entre ambas campañas, para cada tratamiento y para la NA 85-1602. A) Marzo, B) Abril, C) Mayo y D) Junio.....	100
Tabla 4.13a - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la Concentración Sacarina en Jugos, para cada tratamiento y en ambas variedades, durante la primera campaña.....	101

Tabla 4.14 – Porcentaje de Reducción de la Concentración Sacarina en Jugos para cada tratamiento respecto a lo determinado en el de “Riego”. Campaña 2011/2012. A) LCP 85-384 y B) NA 85-1602.....	101
Tabla 4.15a - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la Concentración Sacarina, entre ambas variedades y para cada tratamiento. Campaña 2011/2012.....	102
Tabla 4.13b - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la Concentración Sacarina en Jugos, para cada tratamiento y en ambas variedades, durante la segunda campaña.....	103
Tabla 4.15b - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la Concentración Sacarina, entre ambas variedades y para cada tratamiento. Campaña 2012/2013.....	103
Tabla 4.16 – Porcentaje de Reducción de la Concentración Sacarina en Jugos para cada tratamiento respecto a lo determinado en el de “Riego”. Campaña 2012/2013. A) LCP 85-384 y B) NA 85-1602.....	104
Tabla 4.17 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la Concentración Sacarina en Jugos, entre ambas campañas y para cada tratamiento. A) LCP 85-384 y B) NA 85-1602.....	104
Tabla 4.18 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Rendimiento Sacarino ($t\ ha^{-1}$), para cada tratamiento y en ambas variedades. A) Campaña 2011/2012 y B) Campaña 2012/2013.....	106
Tabla 4.19 – Porcentaje de Reducción del Rendimiento Sacarino para cada tratamiento respecto a lo determinado en el de “Riego”. Campaña 2011/2012. A) LCP 85-384 y B) NA 85-1602. Campaña 2012/2013. C) LCP 85-384 y D) NA 85-1602.....	107
Tabla 4.20 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la Rendimiento Sacarino ($t\ ha^{-1}$), entre ambas variedades y para cada tratamiento. A) Campaña 2011/2012. B) Campaña 2012/2013.....	108
Tabla 4.21 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Rendimientos Sacarinos ($t\ ha^{-1}$), entre ambas campañas y para cada tratamiento. A) LCP 85-384 y B) NA 85-1602.....	108
Tabla 4.22 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la EUA en relación con Rendimiento Sacarino ($t\ ha^{-1}$), para cada tratamiento y en ambas variedades. A) Campaña 2011/2012 y B) Campaña 2012/2013.....	109
Tabla 4.23 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la EUA en relación al Rendimiento Sacarino ($t\ ha^{-1}$), entre ambas variedades y para cada tratamiento. A) Campaña 2011/2012. B) Campaña 2012/2013.....	109
Tabla 4.24 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la EUA en relación al Rendimiento Sacarino ($t\ ha^{-1}$), entre ambas campañas y para cada tratamiento. A) LCP 85-384 y B) NA 85-1602.....	110
Tabla 4.25 – Porcentajes de Reducción del Rendimiento Sacarino ha^{-1} promedio de dos campañas y de la Oferta Hídrica Total Acumulada en los distintos tratamientos con respecto a lo obtenido en el de “Riego”.....	111

Lista de Anexos

Anexo 1 – Fotografías representativas de las parcelas de ensayo del módulo experimental de riego por goteo. Centro Operativo Experimental de Tacuarendí. Localidad de Tacuarendí. Santa Fe.	123
Anexo 2 – Tabla de correlaciones entre las distintas variables medidas. LCP 85-384: (a) campaña 1, (b) campaña 2. NA 85-1602: (c) campaña 1 y (d) campaña 2.....	127
Anexo 3 – Carta de suelos de la serie “Tacuarendí” (Espino y Seveso, 1982).....	129

Abreviaturas

ACMAS	Asociación Civil Mesa Azucarera Santafesina
ADT	Agua Total Disponible (mm)
AF	Área Foliar (m ²)
AFA	Agua Fácilmente Disponible (mm)
APT	Altura Promedio de Tallos (m)
°B	Grados Brix
CC	Capacidad de Campo (mm)
CHSU	Contenido Hídrico del Suelo Umbral (mm)
COET	Centro Operativo Experimental de Tacuarendí
CSJ	Concentración de Sacarosa en Jugos (%)
Efu	Eficiencia de uniformidad de los emisores (%)
ET	Evapotranspiración (mm)
ETc	Evapotranspiración del cultivo (mm)
ETc acum	Evapotranspiración del cultivo acumulada (mm)
ETc m	Evapotranspiración del cultivo media (mm)
ETo	Evapotranspiración de referencia (mm)
EUA	Eficiencia del Uso del Agua (g mm ⁻¹ y kg mm ⁻¹)
IAF	Índice de Área Foliar
LJ	Litros de Jugos (l ha ⁻¹ y l tallo ⁻¹)
MM	Mortandad de Macollos
MSH	Materia Seca de Hojas (Mg ha ⁻¹)
MST	Materia Seca Total (Mg ha ⁻¹)
MSTa	Materia Seca de Tallos (Mg ha ⁻¹)
OHTA	Oferta Hídrica Total Acumulada (mm)
PMEST	Promedio Mensual de la Elongación Semanal de Tallos (cm)
PMP	Punto de Marchitez Permanente (mm)
PPT	Peso Promedio de Tallos (mm)
RPT	Rendimiento Promedio de Tallos (Mg ha ⁻¹)
RS	Rendimiento Sacarino (Mg ha ⁻¹)
TaM	Número de Tallos a Molienda

CAPÍTULO 1

Antecedentes

1.1 Introducción

La cuenca cañera santafesina comprende un área de 50.000 ha con aptitud y uso agrícola (Fig. 1.1). Sólo un 10,6% de las mismas son cultivadas con caña de azúcar (Ministerio de la Producción Santa Fe, 2009). Una de las razones de este bajo porcentaje es debido a una alta variabilidad interanual de las precipitaciones durante el ciclo del cultivo.

A través del Plan Estratégico Sucro-Alcoholero formulado por los actores de la cuenca cañera santafesina y avalado por el gobierno de la Provincia de Santa Fe, se logró obtener el financiamiento para un proyecto de riego que contempla unas 10.000 ha de cultivo de caña de azúcar.

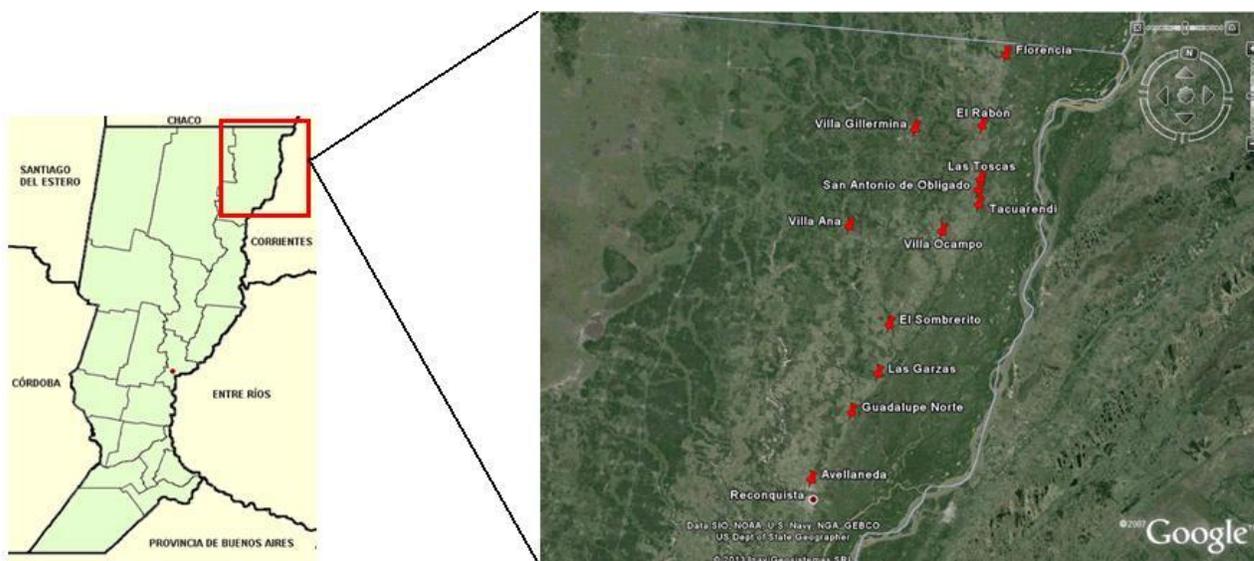


Figura 1.1 - Imagen satelital referenciada de la ubicación de la cuenca cañera santafesina

Sin embargo, los productores de la región se caracterizan por ser agrícolas diversificados, es decir que, además de producir caña de azúcar, producen algodón y soja. Estos cultivos tienen la particularidad de presentar sus períodos críticos hídricos (fase de floración de los cultivos de algodón y soja, y parte de la fase fenológica de gran o activo crecimiento de la caña de azúcar) durante el mismo periodo (enero y febrero).

Es posible que los productores utilicen el riego durante los meses de enero y febrero, para la producción de soja y algodón. De darse esta situación se desconoce si el rendimiento del cultivo de caña de azúcar se vería afectado seriamente frente a un posible estrés hídrico durante los meses en cuestión.

La caña de azúcar necesita, aproximadamente, a lo largo de su ciclo unos 1550 mm. En la fase fenológica de activo o gran crecimiento, que abarca desde noviembre a marzo, necesita aproximadamente 950 mm (COET, 2005).

De acuerdo con los datos promedios de precipitaciones de la Estación Experimental del Centro Operativo Experimental de Tacuaréndi (COET) (serie de 34 años), durante los meses de enero y febrero ocurren el 42,2% (271 mm) de las precipitaciones totales (642,3 mm) para el periodo de activo o gran crecimiento (noviembre a marzo). En tanto que la demanda hídrica del cultivo durante estos dos meses es de 430 mm, lo que significa un

45,3% del total requerido para dicho periodo. Esto significa que se produce un déficit hídrico del 37% (159 mm) durante los meses de enero y febrero.

Además, se debe tener en cuenta que en la zona cañera santafesina ocurre casi todos los años una sequía en los meses de diciembre-enero, y aunque el total de lluvia caída en estos meses sea considerable, el balance hídrico es negativo debido a la elevada evapotranspiración (Micheloud, 1980).

Históricamente la caña de azúcar ha sido un cultivo decisivo en el desarrollo de la Región, generando recursos económicos en el sector primario, industrial, comercial y de servicios; formando instituciones (cooperativas, centros comerciales, organizaciones gremiales rurales e industriales) y fundamentalmente acumulando capacidades en sus recursos humanos y una infraestructura agroindustrial instalada que es una fortaleza para el desarrollo futuro del territorio de la Región (Ministerio de la Producción Santa Fe, 2009).

La caña de azúcar es un cultivo de gran importancia en las zonas tropicales y subtropicales del mundo ya que es utilizada para la obtención de azúcar y en la producción de energía renovable, a través de la obtención de bioetanol (Wiedenfeld y Enciso, 2008).

El término crecimiento, en caña de caña de azúcar como en el resto de los cultivos, hace referencia a la acumulación de materia seca en un período determinado; mientras que el desarrollo de un cultivo responde a la sucesión de estados morfológica o fisiológicamente diferenciados. Tanto el crecimiento como el desarrollo de los cultivos están fuertemente influenciados por los factores ambientales en los cuales éstos se desenvuelven. La temperatura es el principal factor ambiental que controla la duración de las distintas fases del cultivo, es decir su desarrollo. Sin embargo, la radiación solar está ligada al crecimiento del cultivo a través de la producción de biomasa. En este caso, la eficiencia de conversión de radiación interceptada en biomasa es función de la capacidad fotosintética de las hojas, de la estructura del cultivo y de la composición de la biomasa producida, y es afectada por el genotipo y las condiciones climáticas y edáficas (Andrade, 2011).

Esto concuerda con Fauconnier y Bassereau (1975), quienes argumentan que el crecimiento y el desarrollo del cultivo de caña de azúcar están fuertemente influenciados por la temperatura, la humedad del suelo y la luminosidad. Altos niveles de estos factores ocasionan que el cultivo exprese un crecimiento vegetativo significativo, generando una gran masa fotosintéticamente activa. A través de este proceso fotoquímico produce carbohidratos de alto peso molecular, además de órganos estructurales y fotosintéticos que constituyen sustancias de reservas como la sacarosa.

Es decir que, en condiciones óptimas para su crecimiento y desarrollo, la caña de azúcar expresa su potencial genético, elabora y acumula su principal producto: la sacarosa. Así, el rendimiento final del cultivo está determinado por distintos componentes del rendimiento: el número de tallos, el peso de los mismos y el contenido de sacarosa a madurez.

Al producir una gran cantidad de biomasa, se convierte en un gran demandante de agua, lo que permite la absorción, el transporte y la asimilación de nutrientes necesarios para expresar sus máximos rendimientos (Currie, 2005). Es por esto que la escasez del recurso hídrico restringe el aumento de la superficie cultivada con caña de azúcar en muchas regiones del mundo (Martin *et al.*, 2007).

Un déficit hídrico en el cultivo produce efectos sobre sus aspectos fisiológicos y morfológicos. Estudios realizados en Australia mostraron que ante un eventual déficit

hídrico los procesos que primeramente se restringen están asociados con la división y elongación celular, responsables de la extensión y apariencia de las hojas (Inman-Bamber, 2004), efecto que repercute directamente sobre los procesos fotosintéticos.

Este autor también determinó que ante un mínimo déficit hídrico (36 mm), primeramente se redujeron la tasa de elongación del tallo y de las hojas. Eventualmente, la tasa de elongación del tallo es más reducida que la tasa de elongación de las hojas. Después de que ocurra esto, la reducción del aspecto y la senescencia de las hojas se combinan para reducir el número de hojas verdes por tallo. La reducción en la apariencia de las hojas puede conducir a la disminución del área foliar, debido a que la emergencia de las hojas largas ha sido suprimida bajo estrés (Inman-Bamber, 2004).

Teruel *et al.* (1997), establecieron relaciones entre el Índice de Área Foliar (IAF), el estrés hídrico, la evapotranspiración y la tasa de crecimiento del cultivo. Determinaron que el efecto del déficit de agua en el suelo sobre el IAF no es lineal, sino que es variable. Frente a un menor déficit hídrico del suelo, la disminución en la tasa de evapotranspiración es mayor que la reducción de la tasa de crecimiento y que la disminución en el IAF.

Durante las distintas fases fenológicas el efecto del estrés hídrico en el cultivo no es el mismo y suele variar en función de la etapa crítica, momento de ocurrencia, intensidad y duración. La caña de azúcar posee cuatro etapas fenológicas que incluye la emergencia y establecimiento de la población inicial de tallos (brotación), macollaje y cierre del cañaveral, determinación del rendimiento cultural (período de gran o activo crecimiento) y, maduración y definición de la producción de azúcar (Romero *et al.*, 2009). (Fig. 1.2 y 1.3).

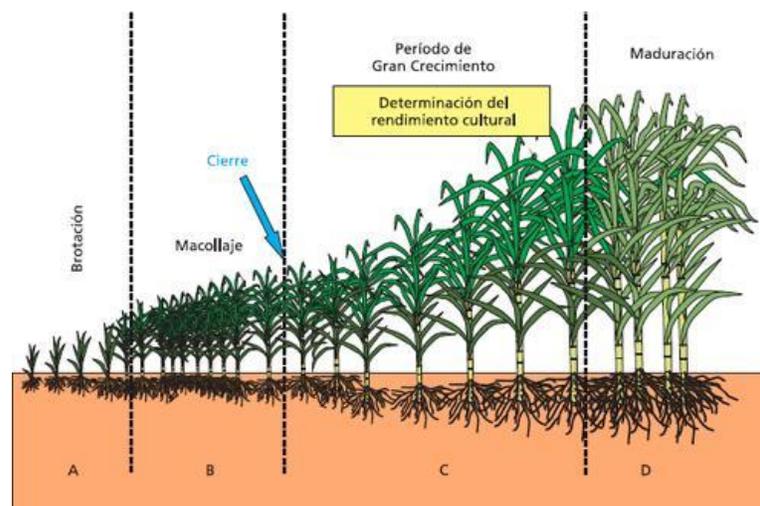


Figura 1.2 - Fases fenológicas del cultivo de la caña de azúcar (Romero *et al.*, 2009).

Gascho (1985), determinó que es necesario que durante la fase de brotación y de macollaje y cierre del cañaveral, el cultivo disponga de suficiente agua. Pero el uso consuntivo durante estos períodos es menor que durante la fase de gran crecimiento. Por ello, si un periodo de estrés hídrico se extiende durante la fase de activo o gran crecimiento las consecuencias en el rendimiento podrían ser más severas comparado con etapas iniciales del cultivo (Inman-Bamber, 2004).

El mayor efecto en la reducción del rendimiento del cultivo de caña de azúcar ocurre cuando un periodo de estrés hídrico de 6 semanas coincide durante la etapa de mayor demanda de evapotranspiración (ET) y la fase de gran crecimiento (Wiedenfled, 2000).

Esto concuerda con Soopramanien *et al.* (1992), quienes determinaron que la caña de azúcar tiene un exceso de macollos cuando la luz, el agua y la temperatura no son factores limitantes. Por lo tanto, pueden soportar un nivel de estrés durante la fase de macollaje sin una disminución significativa en el número de tallos molibles a cosecha. Pero el estrés hídrico debe ser evitado después de la fase de macollaje, porque afecta al número y a la altura de tallos molibles, lo que produce una disminución en los rendimientos del cultivo.

Según Da Silva y Da Costa (2004) un estrés hídrico moderado durante los 60 y 150 días después de la plantación puede tener un menor impacto en el alargamiento del tallo que el mismo grado de estrés hídrico en la etapa de activo crecimiento.

Otros estudios realizados determinaron que la tasa de elongación del tallo de la caña de azúcar disminuye cuando la tensión de humedad del suelo se acerca a los 2 bares (35% de la capacidad de campo de un suelo arcillo limoso de Liheu, Hawaii), a los 30 cm de profundidad. Sin embargo, cuando la tensión de humedad del suelo no excedió los 2 bares, se incrementó la tasa de elongación, con una aplicación de riego, sin reducir el crecimiento promedio (Robinson, 1963).

El peso de los tallos también se ve afectado frente al estrés hídrico. Estudios realizados en Tucumán determinaron que el cultivo de caña de azúcar produce un mayor rendimiento ante un umbral de riego (UR) de 90%, es decir al consumirse el 10% del agua total disponible del suelo (ADT), con respecto a umbrales de riego (UR) de 70%. Esta diferencia radica en que en el primer tratamiento se observó un incremento en el peso de los tallos. Pero en ambos casos se incrementó el número de tallos con respecto a secano (Sosa *et al.*, 2008).

Sin embargo, según estudios realizados por Wiedenfeld y Enciso (2008), la caña de azúcar utiliza altos niveles de agua disponible, pero este cultivo tiene la capacidad de compensar su crecimiento frente a diferentes niveles de agua y es capaz de producir sus máximos rendimientos en un rango bastante amplio de condiciones de humedad de suelo, incluyendo niveles del 18% por debajo de su nivel óptimo de agua disponible, a lo largo de todo su ciclo.

Estudios en riego por inundación durante tres años determinaron que cuando la disponibilidad de agua, a lo largo del ciclo del cultivo, se redujo en 25 y 43%, la disminución de la productividad promedió 30 y 53%, respectivamente (Wiedenfeld, 1995).

Inman-Bamber (2004) halló que la acumulación de la biomasa fue relativamente reducida con grandes déficits hídricos en el suelo (>120mm), mientras que la acumulación de sacarosa es reducida sólo después de incrementarse más aún el déficit de agua en el suelo (>145 mm).

Cuando la caña presenta tallos jóvenes un déficit hídrico provoca grandes cambios en la partición de la biomasa a sacarosa. La partición proviene a expensas de las fibras del tallo y de los solutos no sacarinos. En cambio, en la caña madura proviene del ápice y de las fibras del tallo en vez de solutos no sacarinos (Inman-Bamber, 2004).

De acuerdo con Inman-Bamber y McGlinchey (2003) un estrés hídrico moderado al finalizar el ciclo del cultivo mejora el contenido de sacarosa, pero si es severo los rendimientos de sacarosa decaen.

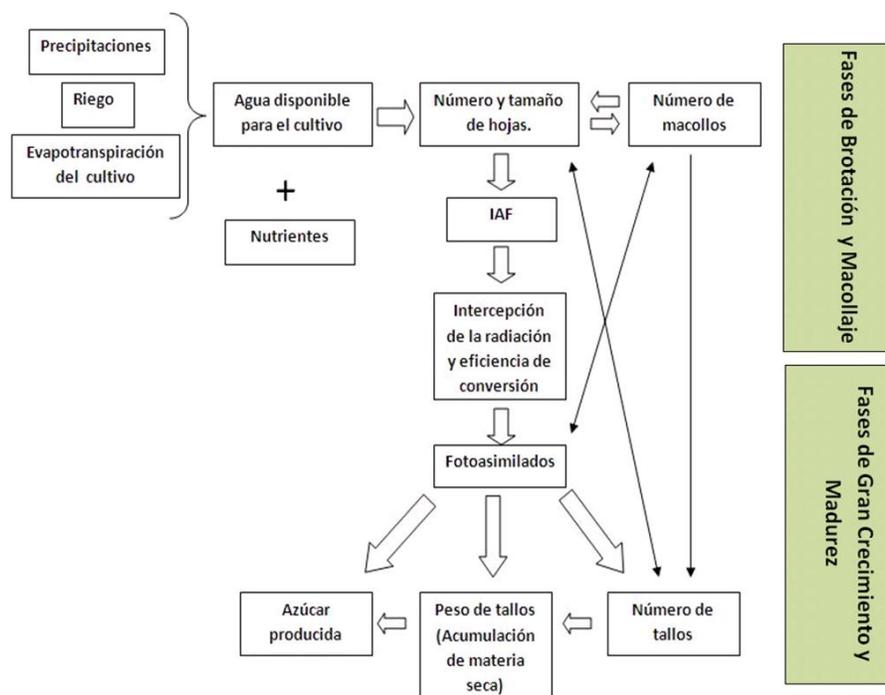


Figura 1.3 - Diagrama de la producción de rendimiento de acuerdo con las condiciones ambientales y nutricionales en caña de azúcar.

Para el ensayo se utilizaron dos variedades de caña de azúcar: LCP 85-384 y NA 85-1602. Estas variedades ocupan alrededor del 80% de la superficie de la cuenca cañera santafesina. La primera se caracteriza por presentar tallos delgados pero sus cepas se destacan por la gran producción de tallos macizos (sin médula hueca o corchosa). Distinguiéndose además, por su gran capacidad de producción de macollos y buena precocidad madurativa. Su rendimiento cultural es de 87,20 t/ha, rendimiento fabril promedio de 11,2% y rendimiento promedio en azúcar de 9,76 t/ha, según resultados promedios de 12 cosechas efectuadas en seis localidades de la provincia de Tucumán (Chavanne *et al.*, 1998).

La variedad NA 85-1602 se caracteriza por presentar tallos gruesos y una precocidad madurativa intermedia. Su hábito de crecimiento es abierto, lo que dificulta su adaptación a la cosecha mecánica (Asociación Civil Mesa Azucarera Santafesina y COET, 2010).

En el presente trabajo se reportan los resultados de dos campañas consecutivas 2011/2012 y 2012/2013 que corresponden a las edades del cultivo: soca 2 y soca 3, respectivamente.

1.2 Hipótesis de trabajo

- Las variedades NA 85-1602 y LCP 85-384, a pesar del efecto compensatorio, no tienen la capacidad de amortiguar variaciones en la oferta hídrica total acumulada (OHTA) durante el período crítico del cultivo.
- La variedad LCP 85-384 posee un mejor comportamiento frente a diferentes niveles de OHTA respecto a NA 85-1602, debido a su mayor precocidad.

1.3 Objetivo General

- Evaluar dos variedades de caña de azúcar, de diferentes precocidades, sometidas a variaciones en la OHTA, durante el período crítico del cultivo (fase fenológica de activo o gran crecimiento).

1.4 Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de una variación en la OHTA en el crecimiento durante la fase fenológica de activo o gran crecimiento en materiales de distinta precocidad.
- Evaluar las consecuencias de una restricción en la OHTA sobre la población de tallos y sus pesos.
- Determinar el impacto de diferentes niveles de la oferta hídrica total acumulada (OHTA) sobre el contenido de sacarosa.
- Cuantificar el grado de compensación en el crecimiento y rendimiento de caña ante una variabilidad en la OHTA.

CAPÍTULO 2

Efecto de la variación de la OHTA en el crecimiento durante la fase fenológica de activo o gran crecimiento

2.1 Introducción

La acumulación de materia seca por un cultivo en un período determinado es el producto de la tasa de crecimiento por la duración de la etapa considerada. La duración está determinada por los factores que afectan el desarrollo del cultivo. La tasa de crecimiento del cultivo, definida como la acumulación de materia seca por unidad de superficie y de tiempo, se puede expresar como el producto entre la cantidad de radiación incidente, la proporción de dicha radiación que es interceptada y la eficiencia con la que el cultivo utiliza la radiación interceptada para producir biomasa.

Maximizar la interceptación de la radiación incidente es uno de los principales objetivos del manejo del cultivo. Esto se justifica ya que a mayor radiación interceptada mayor será la energía solar disponible utilizada en el proceso de fotosíntesis, lo que a su vez repercute directamente en la producción de materia seca del cultivo. Esta radiación interceptada es función del IAF, que a su vez es afectado por factores genéticos, ambientales y de manejo.

Según Mittler (2006), un estrés abiótico, como la deficiencia hídrica, limita la productividad vegetal hasta tal punto que es considerado un problema eminente para la agricultura, reduciendo significativamente los rendimientos de los cultivos, y restringiendo las latitudes y los suelos en los que las especies de importancia económica, como la caña de azúcar, pueden crecer.

No obstante, la deficiencia hídrica no se limita apenas a las regiones áridas y semi-áridas del mundo. También en aquellas regiones consideradas climatológicamente húmedas donde una distribución irregular de las lluvias puede, en algunos períodos, limitar el crecimiento, restringir el desarrollo y perjudicar la productividad del cultivo (Silva *et al.* 2014).

Dalri *et al.* (2008), sugieren que mantener la humedad adecuada en el suelo durante todo el período de crecimiento es importante para obtener los rendimientos potenciales del cultivo, visto que el crecimiento vegetativo es proporcional al agua transpirada por el mismo.

Así mismo, y mediante estudios realizados, Inman-Bamber (2004) determinó que existen grandes diferencias entre los procesos de crecimiento en caña de azúcar en respuesta al estrés hídrico ocurrido durante un período de alta demanda evaporativa, en un cultivo relativamente joven con un dosel de hojas bien desarrolladas. Es así que la extensión de las hojas y el tallo se reducen cuando el déficit de agua del suelo fue igual a 58 mm, el número de hojas verdes se redujo cuando este déficit alcanzó los 80 mm. La acumulación de biomasa se redujo y la extensión de la hoja no se detuvo pero alcanzó niveles bajos cuando el déficit de agua en el suelo logró valores de 130 mm y, finalmente los rendimientos de sacarosa se redujeron cuando el déficit superó los 149 mm.

De esta manera, en el presente capítulo, se discutirán los factores que intervienen en el proceso de crecimiento de la caña de azúcar y su interacción con diferentes niveles de disponibilidad hídrica.

2.2 Objetivo Específico

- Determinar el efecto en la variación de la oferta hídrica total acumulada (OHTA) en el crecimiento durante la fase fenológica de activo o gran crecimiento del cultivo de caña de azúcar.

2.3 Materiales y Métodos

2.3.1 Prácticas de manejo del cultivo

El módulo experimental cuenta con una superficie de 8.528 m², aproximadamente. Se encuentra en el campo experimental del Centro Operativo Experimental de Tacuarendí (COET) (S 28° 25' 22,9''; W 59° 15' 28,6''), en la localidad de Tacuarendí, Departamento General Obligado, Provincia de Santa Fe (Fig. 2.1).

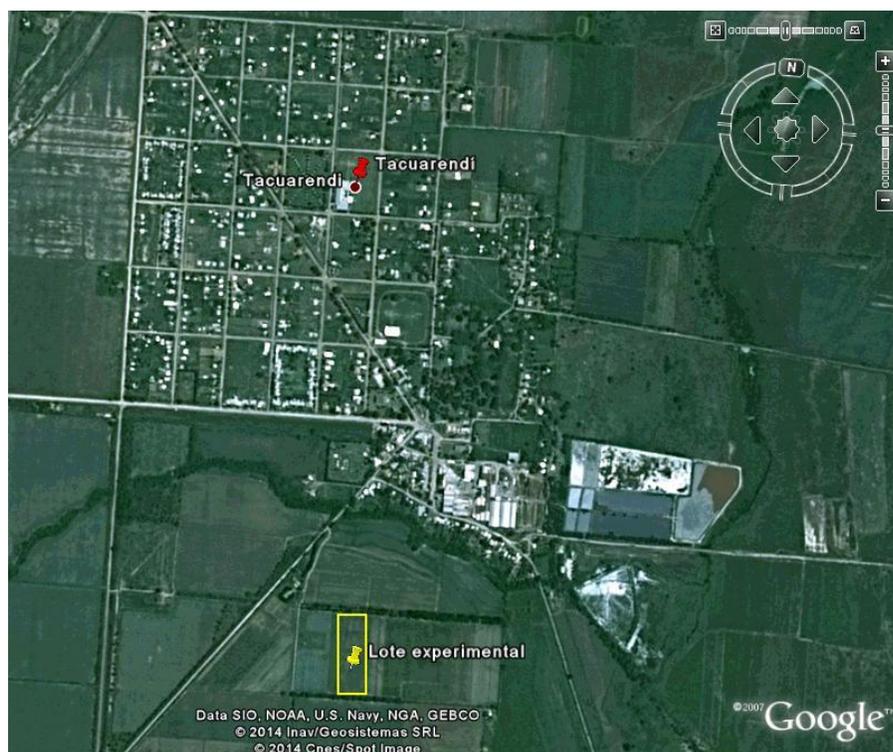


Figura 2.1 - Ubicación geográfica del lote experimental.

El suelo pertenece a la serie “Tacuarendí”, taxonómicamente corresponde a un “Argiudol Psaméntico”. Por su capacidad de uso integra la clase III del sistema clasificatorio del Departamento de Suelos de los Estados Unidos. Entre las principales limitaciones presenta una desequilibrada economía del agua, con pronunciados encharcamientos después de fuertes precipitaciones por drenaje deficiente y escasa disponibilidad de agua útil durante períodos secos por la elevada proporción de arena superficial (Espino y Seveso, 1982). En anexo 3 se exponen los datos de la carta de suelo de la serie “Tacuarendí”.

La siembra se llevó a cabo el 10 de Junio del 2009. El cultivo antecesor fue sorgo granífero. Para esta labor se utilizó 12 t de semillas de dos variedades de caña de azúcar: LCP 85-384 y NA 85-1602. El lote se dividió en dos parcelas apareadas, una para cada variedad.

Para la fertilización se utilizó Superfosfato triple (N:0; P:46; K: 0; S:0) al inicio de campaña y se realizó fertiriego con SolMIX® (N:30; P:0; K: 0; S:2,6) en dos momentos: a

mediados de fase inicial de brotación (30% de la dosis total) y hacia mediados de la fase fenológica de macollaje (70%). Las dosis fueron determinadas de acuerdo con la disponibilidad de nutrientes en el suelo y los requerimientos del cultivo. La fertilización fue común para todos los tratamientos evaluados.

Para el control de malezas se utilizó S-metolaclo y atrazina, como herbicidas pre-emergentes. En post-emergencia, para malezas latifoliadas se utilizó Dicamba y, para controlar gramíneas y ciperáceas se realizaron, en total, 4 a 5 carpidas.

2.3.2 Instalación del sistema de riego

El lote contempla 26 linios con cintas de riego por goteo, 13 linios para cada variedad. La separación entre linios fue de 1,60 metros. Dentro de cada linio se encuentran apareados dos surcos.

La disposición de las cintas se realizó por medio de un surcador adaptado. Por cada linio se colocó la cinta de riego (DRIPNET PC 22135™), ubicada en medio de los surcos apareados. Las cintas fueron situadas a 20 cm de la superficie de suelo y entre 5 a 8 cm por debajo de la caña semilla.

Como detalles técnicos, las mangueras empleadas para dicho módulo son de polietileno de color negro. Su diámetro es de 22,2 mm, espaciamiento de emisores (integrales en tuberías auto-compensadas) de goteo cada 50 cm y su caudal nominal es de 0,6 l h⁻¹ a una presión de trabajo de 0,7 bares. De acuerdo con el fabricante (Netafim) esta tubería de riego mantiene un caudal uniforme a diferentes presiones de entrada, asegurando la distribución exacta del agua y nutrientes.

Una vez colocadas las mangueras se procedió a la instalación de los sistemas de cañerías: primaria y secundarias (a 60 cm de profundidad). La primera, conectada a la estación de bombeo, conformada por una bomba de 7000 l h⁻¹, válvulas reguladoras de presión, manómetro y filtro. Las segundas, conectadas a las cintas de riego por medio de tubos flexibles y a través de conectores específicos.

La fuente del agua utilizada fue de napas freáticas. Se realizó un análisis químico para determinar la calidad de la misma (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 – Análisis químico del agua realizado por personal del Laboratorio de Suelos de la EEA INTA Reconquista.

Muestra N°	1	
Uso- Destino	Riego	
Conduc. Eléc. [mS/cm]	0,6	
pH	7,3	
Residuo Seco a 105°C [g/l]	0,47	
Solutos calculados [g/l]	0,45	
Coef. RS/CE	0,78	
CATIONES		
	[meq/l]	[mg/l]
Calcio	3,6	72,1
Magnesio	1,6	19,4
Sodio	0,6	13,8
Potasio	0,1	2,0
Suma de cationes	5,9	107,3
ANIONES		
	[meq/l]	[mg/l]
Cloruros	1,0	35,5
Sulfatos	0,0	0,0
Carbonatos	0,0	0,0
Bicarbonatos	5,0	305,0
Suma de aniones	6,0	340,5
Dureza [mg/l CaCO ₃]	260	
Valor RASclásico	0,4	

2.3.3 Determinación de la dosis y momento de riego

Para realizar el balance de agua en el suelo y determinar las constantes hídricas empleadas en este trabajo, se evaluaron los primeros 20 cm del mismo. Esto es debido a que a esa profundidad, por la textura y estructura del suelo (Ver Anexo 3), se hallaron el 90 % de las raíces del cultivo (Ver Fotografía de la profundidad de raíces en Anexo). Esto concuerda con lo publicado por la Asociación Civil Mesa Azucarera Santafesina y COET (2010) quienes expresan que el horizonte superficial (0-20 cm) es de alta importancia agrícola, ya que en ese horizonte se desarrolla prácticamente el 100% del sistema radicular funcional de la caña.

Las constantes hídricas determinadas para este horizonte de suelo fueron:

- Capacidad de campo (CC), método gravimétrico: 38,54 mm
- Punto de marchitez permanente (PMP), método Placa de Richards: 15,36 mm

A través de estos valores de CC y de PMP, se calculó el Agua Total Disponible en el suelo (ADT) de la siguiente manera:

$$1) \text{ ADT} = \text{CC} - \text{PMP} = 23,18 \text{ mm}$$

Según Allen *et al.* (1998), cuando el contenido de humedad del suelo está por debajo de cierto valor umbral, el agua del suelo no podrá ser transportada hacia las raíces con la velocidad suficiente para satisfacer la demanda transpiratoria y el cultivo comenzará a sufrir estrés. La fracción del agua total disponible en el suelo (ADT) que un cultivo puede extraer de la zona radicular sin experimentar estrés hídrico es denominada agua fácilmente aprovechable en el suelo.

$$2) \text{ AFA} = p \times \text{ADT}$$

Donde:

AFA: agua fácilmente aprovechable (extraíble) de la zona radicular del suelo [mm],

p: fracción promedio del total de agua disponible en el suelo (ADT), que puede ser agotada de la zona radicular antes de presentarse estrés hídrico.

Para el caso del cultivo de caña de azúcar el factor “p” toma el valor de 0,65. Este valor fue ajustado para las condiciones zonales donde se llevó el ensayo, adquiriendo, “p”, el valor de 0,61. El valor “p” fue determinado y ajustado de acuerdo con la metodología propuesta por Allen *et al.* (1998). De esta manera se obtiene:

$$\begin{aligned} 3) \text{ AFA} &= 0,61 \times \text{ADT} = \\ &= 0,61 \times 23,18 \text{ mm} = 14,14 \text{ mm} \end{aligned}$$

En este caso, el cultivo de caña de azúcar puede extraer de la zona radicular sin experimentar estrés hídrico hasta 14,14 mm. Por medio de este valor y el de CC, se calculó el contenido de humedad del suelo umbral (CHSU) por debajo del cual el agua del suelo no pudo ser transportada hacia las raíces con la velocidad suficiente para satisfacer la demanda transpiratoria.

$$4) \text{ CHSU} = \text{CC} - \text{AFA} = 24,4 \text{ mm}$$

El momento y la dosis óptima de riego para cada etapa fenológica del cultivo fueron determinadas a través de un balance hídrico simplificado. Para realizar este balance se determinaron: precipitaciones efectivas, humedad del suelo y evapotranspiración del cultivo (ETc) (Allen *et al.*, 1998). Esta última variable fue obtenida a partir del producto entre la evapotranspiración de referencia (ETo), obtenida por el método de Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998), y el coeficiente único del cultivo (Kc). Este coeficiente, a su vez, fue corregido de acuerdo con la metodología propuesta por Allen *et al.* (1998).

Los riegos fueron realizados cuando el contenido de humedad del suelo se encontraba próximo al valor umbral CHSU (valores iguales o inmediatamente superiores al valor umbral calculado) y las láminas de riego hasta llevar el contenido de humedad a valor de CC. La dosis aplicada fue cuantificada de acuerdo al tiempo de riego y la eficiencia de uniformidad (Efu) en la aplicación fue determinada de la siguiente manera:

$$5) \text{ Efu} = (q^{-1/4} / q^-) \times 100$$

Donde:

$q^{-1/4}$: Media del 25% de emisores con menor caudal.

q^- : Caudal medio de los emisores de la subunidad.

A continuación se exponen los caudales obtenidos de 32 emisores evaluados (Tabla 2.2).

Tabla 2.2 – Caudal registrado por emisor del módulo de riego por goteo.

Caudal por emisor (l h ⁻¹).							
NA 85-1602				LCP 85-384			
0.58	0.62	0.6	0.58	0.57	0.6	0.63	0.62
0.59	0.65	0.58	0.6	0.61	0.64	0.6	0.58
0.57	0.6	0.62	0.58	0.62	0.6	0.6	0.57
0.62	0.62	0.57	0.6	0.58	0.62	0.6	0.58

De acuerdo con estos valores y a la fórmula de E_{fu} , se determinó que:

$$E_{fu} = (0,57 \text{ l h}^{-1} / 0,6 \text{ l h}^{-1}) \times 100 =$$

$$E_{fu} = 95 \%$$

El balance diario del agua en la zona radicular del suelo fue realizado de acuerdo con la metodología sugerida por Allen *et al* (1998) donde se propone expresarlo en términos de agotamiento al final del día:

$$6) D_{r,i} = D_{r,i-1} - (P-RO)_i - I_i - CR_i + ETc_i + DP_i$$

Donde:

$D_{r,i}$: agotamiento de humedad en la zona radicular del suelo al final del día i (mm).

$D_{r,i-1}$: contenido de humedad en la zona radicular del suelo al final del día anterior, $i-1$ (mm).

P_i : precipitaciones del día i (mm).

RO_i : escurrimiento superficial en el día i (mm).

I_i : lámina neta de riego en el día i que infiltra en el suelo (mm).

CR_i : ascenso capilar proveniente de la masa de agua subterránea en el día i (mm).

ETc_i : evapotranspiración del cultivo en el día i (mm).

DP_i : pérdidas de agua en la zona radicular por percolación profunda en el día i (mm).

En este estudio no se tomaron en cuenta las pérdidas por escurrimiento superficial y el ascenso capilar proveniente de la masa de agua subterránea.

2.3.4 Variables Determinadas

2.3.4.1 Variables Numéricas

- Meteorológicas: Precipitaciones, temperatura, punto de rocío, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar fueron obtenidas de la Estación Meteorológica digital automática del COET.

- Contenido hídrico en el suelo: se determinó por el método gravimétrico en donde se definieron 40 sitios de muestro (correspondientes a cada parcela del ensayo) y por cada sitio se tomaron muestras a dos profundidades (0-20cm y 20-40cm). Este tipo de análisis se realizó con una frecuencia semanal.

- Elongación semanal de 3 tallos elegidos al azar. Para ello se utilizó una cinta métrica y se tomó las medidas desde la base del tallo hasta la última hoja completamente expandida (con lígula visible).

2.3.4.2 Variables Ecofisiológicas

- Determinación de biomasa (Mg ha^{-1}) y su partición (Mg ha^{-1}) en tallos y hojas. Las determinaciones se realizaron en cada tratamiento en tres momentos, i) al finalizar cada período de restricción hídrica planteada, ii) al inicio de la fase de maduración y iii) a cosecha. Para ello se utilizaron estufas de secado a 65°C , hasta alcanzar masa constante de las muestras.

- Eficiencia en el uso del agua (EUA): para ello se realizó un cociente entre la materia seca total (MST) y la oferta hídrica total acumulada (OHTA) en cada tratamiento.

- El índice de área foliar se determinó por medio del método de los discos de materia seca (Paytas, 2005). Esta determinación se realizó en los mismos momentos planteados para la determinación de biomasa.

2.3.5 Diseño Estadístico

El módulo experimental (Fig. 2.2) contempló 20 parcelas para cada variedad de caña de azúcar (LCP 85-384 y NA 85-1602). A cada variedad se le aplicó cinco tratamientos de riego: sin riego complementario (testigo); riego complementario durante todo el ciclo del cultivo; sin riego complementario durante el mes de enero, sin riego complementario durante el mes de febrero y sin riego complementario durante los meses de enero y febrero. Cada tratamiento tuvo 4 repeticiones y una superficie aproximada de 177.6 m^2 por parcela. Se utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) para cada variedad estudiada.

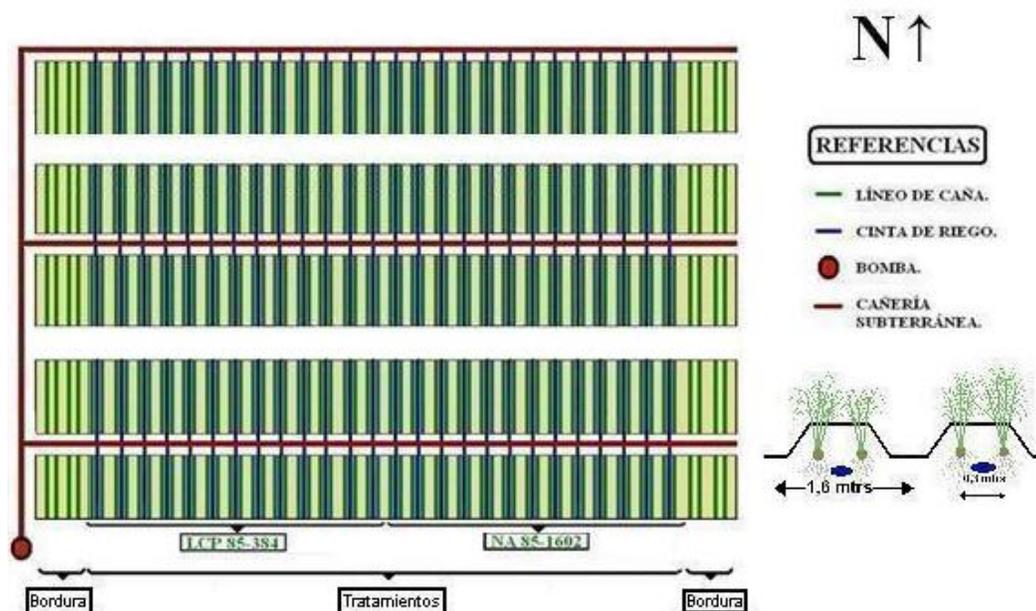


Figura 2.2 - Croquis del módulo experimental de riego por goteo.

Los datos obtenidos se analizaron mediante un ANOVA, y los promedios se compararon mediante el Test de Tukey al 5%. Se utilizó el software estadístico InfoStat (v.2008).

2.4 Resultados y Discusión

2.4.1 Condiciones hídricas presentadas en las distintas campañas

Para las campañas en estudio, durante la fase fenológica de activo o gran crecimiento (noviembre a marzo) se registraron los datos agrometeorológicos expuestos en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 – Condiciones agrometeorológicas de los meses de enero y febrero, de las campañas 2011/2012 y 2012/2013.

Tacuarendí Enero y Febrero 2012.					
Mes	Temperatura media mensual (°C)* ¹	Evapotranspiración media del cultivo (mm)* ²	Precipitaciones efectivas (mm)* ¹	Necesidades hídricas del cultivo (mm)* ³	Balance mensual (mm)
Enero	27,0	6,0	71,6	180,2	-108,6
Febrero	27,7	5,3	49,9	154,2	-104,3
Total			121,5	334,4	-212,9

Tacuarendí Enero y Febrero 2013.					
Mes	Temperatura media mensual (°C)* ¹	Evapotranspiración media del cultivo (mm)* ²	Precipitaciones efectivas (mm)* ¹	Necesidades hídricas del cultivo (mm)* ³	Balance mensual (mm)
Enero	26,2	5,7	88,1	158,8	-70,7
Febrero	25,2	4,8	28,5	133,3	-104,8
Total			116,6	292,1	-175,5

*¹ Datos de la estación meteorológica del Centro Operativo Experimental Tacuarendí (COET). *² Datos calculados por el método de Penman-Monteith modificado (Allen *et al.*, 1998). *³ Sumatoria de las ETc diarias durante cada mes de enero y febrero.

A partir de los datos expuestos se puede apreciar que el cultivo de caña de azúcar experimentó un severo estrés hídrico durante su fase fenológica más crítica. Estrés que se vio más acentuado durante el primer año de ensayo.

En la Fig. 2.3 se compara la evapotranspiración diaria del cultivo en los meses de enero y febrero, en las dos campañas evaluadas.

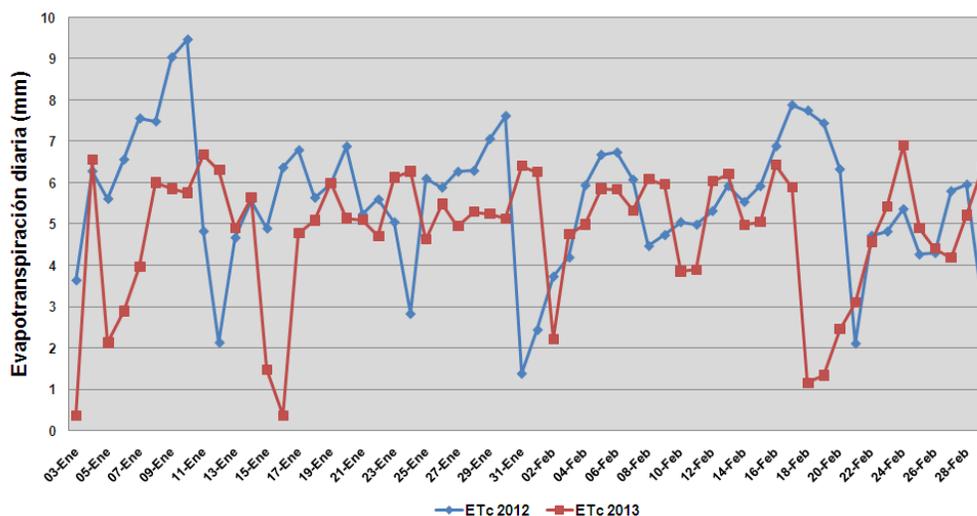


Figura 2.3 - Evapotranspiración diaria del cultivo (mm), para los meses de enero y febrero y para las dos campañas evaluadas.

En las Fig. 2.4 (a) y 2.4 (b) se exponen las ofertas hídricas acumuladas por tratamiento (precipitaciones efectivas + riego) y la ETC acumulada, para los meses de enero y febrero y para ambas campañas.

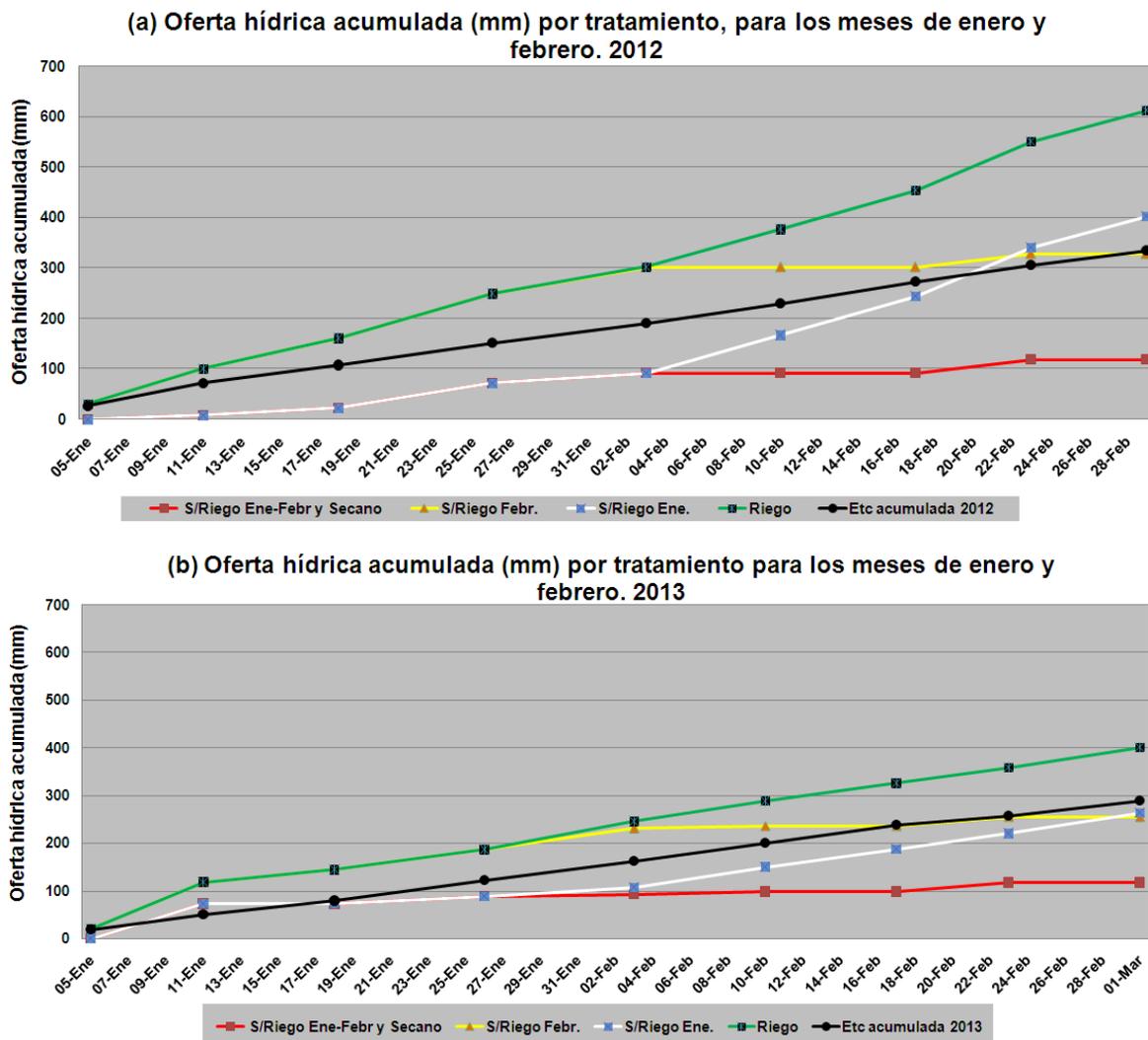


Figura 2.4 - Oferta hídrica acumulada por tratamiento y la ETC acumulada durante los meses de enero y febrero para (a) Campaña 2011/2012 y (b) Campaña 2012/2013.

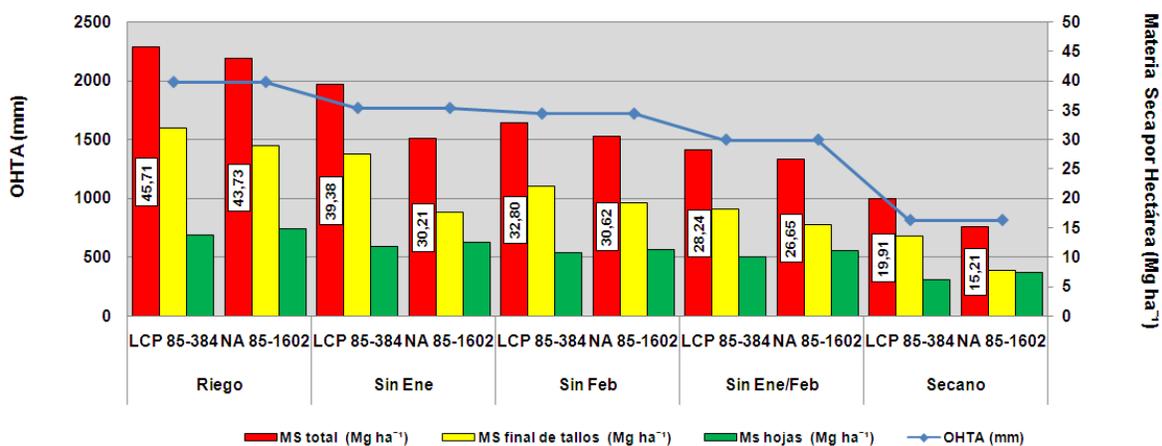
Como se aprecia en las Figuras 2.4, la oferta hídrica total acumulada (OHTA) superó a los valores de ETC acumulados calculados en el tratamiento “Riego”. Esto da un indicio de que el riego aplicado, sumado a las precipitaciones ocurridas, superaría a las demandas del cultivo. De todos modos este trabajo plantea estudiar el comportamiento del cultivo cuando se restringe el riego en distintos momentos de su etapa fenológica de gran o activo crecimiento y, comparar esos comportamientos con las situaciones en donde el riego no fue limitante y cuando esta tecnología no fue suministrada.

Bajo estas condiciones hídricas a continuación se podrá observar el efecto de las diferentes ofertas hídricas totales acumuladas (OHTA) durante cada campaña, en cada una de las variables fisiológicas y su repercusión en las variables de crecimiento del cultivo.

2.4.2 Efecto de la OHTA sobre la producción de Materia Seca Total (MST)

El efecto del agua en la producción de la materia seca en el cultivo de caña de azúcar es de relevada importancia. En los gráficos expuestos se puede observar el efecto de la restricción del riego complementario en distintos momentos de la fase fenológica de activo crecimiento, en dos variedades de caña de azúcar: LCP 85-384 y NA 85-1602; en las dos campañas evaluadas (Fig. 2.5a y 2.5b).

(a) OHTA (mm) vs Materia seca (Mg ha^{-1}) 2011/2012



(b) OHTA (mm) vs Materia seca (Mg ha^{-1}) 2012/2013

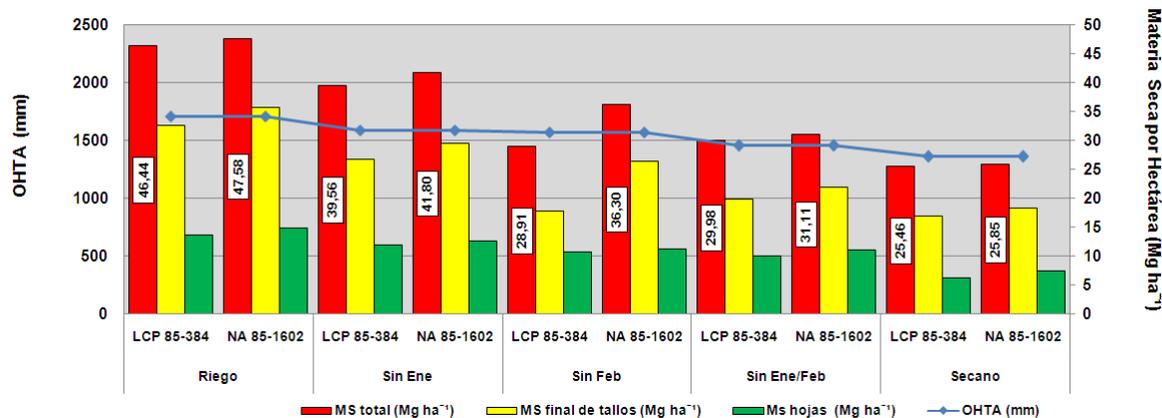


Figura 2.5 - Efecto de la OHTA sobre la producción de Materia Seca Total (barras rojas), Materia Seca de Tallos (barras amarillas) y la Materia Seca de Hojas (barras verdes). (a) Campaña 2011/2012, (b) Campaña 2012/2013.

Durante la primera campaña (Fig. 2.5a), un marcado incremento en el tonelaje de MST se distingue en los tratamientos de riego continuo, de la variedad LCP 85-384, respecto de los tratamientos "Sin riego en febrero", "Sin riego en enero y febrero" y en "Secano", (Tabla 2.4a), diferencias que fueron de $12,9 \text{ Mg ha}^{-1}$, $17,47 \text{ Mg ha}^{-1}$ y de $25,8 \text{ Mg ha}^{-1}$, respectivamente. En la variedad NA 85-1602 se observaron diferencias entre el tratamiento "Riego" y el resto de los tratamientos (Tabla 2.4b). Estas fueron "Sin riego en enero" ($13,52 \text{ Mg ha}^{-1}$), "Sin riego en febrero" ($13,11 \text{ Mg ha}^{-1}$), "Sin riego en enero y febrero" ($17,08 \text{ Mg ha}^{-1}$) y "Secano" ($28,52 \text{ Mg ha}^{-1}$).

En cambio, en la segunda campaña evaluada (Fig. 2.5b), en la variedad LCP 85-384 se distinguen diferencias significativas, como en la campaña anterior, entre el tratamiento “Riego” y los tratamientos “Sin riego en febrero” (17,52 Mg ha⁻¹), “Sin riego en enero y febrero” (16,46 Mg ha⁻¹), y “Secano” (20,98 Mg ha⁻¹), en cuanto a MST (Tabla 2.4c) y en NA 85-1602 sólo hubieron diferencias significativas entre los tratamientos “Riego” y “Secano” (Tabla 2.4d). Esta diferencia fue de 21,73 Mg ha⁻¹.

Tabla 2.4 – Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de las variables “MST”, “MSTa” y “MSH” para cada tratamiento, variedad y campaña en estudio. A) LCP 85-384, 2011/2012. B) NA 85-1602, 2011/2012. C) LCP 85-384, 2012/2013. D) NA 85-1602, 2012/2013.

a - Análisis de la varianza. 2011/2012 ($p < 0,05$)					
LCP 85-384	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
Materia Seca Total	D	CD	BC	B	A
Materia Seca de Tallos	D	CD	BC	AB	A
Materia Seca de Hojas	B	B	B	B	A

b - Análisis de la varianza. 2011/2012 ($p < 0,05$)					
NA 85-1602	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
Materia Seca Total	C	B	B	B	A
Materia Seca de Tallos	B	AB	AB	A	A
Materia Seca de Hojas	C	BC	B	B	A

c - Análisis de la varianza. 2012/2013 ($p < 0,05$)					
LCP 85-384	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
Materia Seca Total	B	AB	A	A	A
Materia Seca de Tallos	B	AB	AB	A	A
Materia Seca de Hojas	B	B	AB	AB	A

d - Análisis de la varianza. 2012/2013 ($p < 0,05$)					
NA 85-1602	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
Materia Seca Total	B	AB	AB	AB	A
Materia Seca de Tallos	A	A	A	A	A
Materia Seca de Hojas	B	B	AB	AB	A

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

En ambas variedades, en la mayoría de los tratamientos evaluados, se observaron variaciones en cuanto a la MST entre ambas campañas analizadas. Éstas sólo fueron significativas en el tratamiento secano, para la variedad NA 85-1602 (Tabla 2.5a y 2.5b). En este caso se obtuvo un incremento de 10,64 Mg ha⁻¹, durante la segunda campaña.

Tabla 2.5 – Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la variable “MST” para cada tratamiento, variedad y campaña en estudio. A) LCP 85-384. B) NA 85-1602.

a - Análisis de la varianza. MST. LCP 85-384 ($p < 0,05$)		
MS Total. LCP 85-384 ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

b - Análisis de la varianza. MST. NA 85-1602 ($p < 0,05$)		
MS Total. NA 85-1602 ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	B

(Campañas con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Analizando el tratamiento “Sin riego en enero” se observa que la variedad LCP 85-384, en cuanto a MST, durante la primera campaña (Fig. 2.5a) obtuvo valores significativamente distintos (Tabla 2.4a) con respecto a los tratamientos “Sin riego en

enero y febrero” y el de “Secano”. Estos valores fueron de 9,36 Mg ha⁻¹ y de 13,82 Mg ha⁻¹, respectivamente. NA 85-1602, para el mismo año, logró diferenciarse significativamente en la MST obtenida en los tratamientos “Riego” (como se mencionó anteriormente) y de “Secano” (diferencia de 13,52 Mg ha⁻¹) (Tabla 2.4b). Además, se vio que hubo diferencias significativas en la MST obtenida entre ambas variedades, durante la primera campaña (2.6a). Esta reducción significativa estuvo sujeta a la diferencia existente entre la MSTa de ambas variedades. En este caso, NA 85-1602 disminuyó su MSTa en 9,91 Mg ha⁻¹ respecto a la variedad LCP 85-384.

Tabla 2.6 – Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la variable “MST” para cada tratamiento, variedad y campaña en estudio. A) Campaña 2011/2012. B) Campaña 2012/2013.

a - Análisis de la varianza. MST. LCP 85-384 y NA 85-1602. 2011/2012 ($p < 0,05$)		
MS Total. 2011/2012 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	B	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	B	A

b - Análisis de la varianza. MST. LCP 85-384 y NA 85-1602. 2012/2013 ($p < 0,05$)		
MS Total. 2012/2013 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Para el tratamiento “Sin riego en febrero”, durante ambas campañas (Fig. 2.5a y 2.5b), no se observaron diferencias significativas entre ambas variedades (Tabla 2.6a y 2.6b) y entre ambas campañas (2.5a y 2.5b). Al comparar este tratamiento respecto del tratamiento “Riego”, se observó una disminución significativa de 12,9 Mg ha⁻¹ y de 13,11 Mg ha⁻¹ de MST, para las variedades LCP 85-384 y NA 85-1602, durante la primera campaña (Tabla 2.4a y 2.4b). Esta diferencia radicó en la MSTa (Tabla 2.4a), para el caso de la variedad LCP 85-384 (10 Mg ha⁻¹). Y para la variedad NA 85-1602, la diferencia fue atribuida a la MSH (Tabla 2.4b) respecto al tratamiento “Riego”.

En la segunda campaña, bajo el mismo tratamiento, sólo existió esta diferencia significativa en la variedad LCP 85-384 (Tabla 2.4c), la cual fue de 17,52 Mg ha⁻¹ en MST respecto al tratamiento “Riego”.

En las dos campaña (Fig. 2.5a y 2.5b) no se registraron un diferencia marcada entre los tratamientos restrictivos: “Sin riego en enero” y Sin riego en febrero”, para la variedad LCP 85-384 y NA 85-1602 (Tabla 2.4a, 2.4b, 2.4c y 2.4d).

En el tratamiento “Sin riego en enero y febrero”, durante la primera campaña (Fig. 2.5a), la producción de MST se vio fuertemente disminuida frente al tratamiento de riego durante todo el ciclo. Esta diferencia significativa (Tablas 2.4a y 2.4b) fue de 17,47 Mg ha⁻¹ para la variedad LCP 85-384 y de 17,08 Mg ha⁻¹ para la variedad NA 85-1602, respectivamente. La misma tendencia se observó para la segunda campaña (Fig. 2.5b), en donde la variedad LCP 85-384 sometida al tratamiento “Sin riego en enero y febrero” obtuvo una merma de 16,46 Mg ha⁻¹ respecto al tratamiento de “Riego” (Tabla 2.4c). NA 85-1602, en este caso, no mostró diferencias significativas (Tabla 2.4d).

Comparando lo ocurrido en este tratamiento, en ambas campañas, se puede observar que ambas variedades registraron un aumento en la Mg ha⁻¹ durante la segunda campaña

(Fig. 2.5b), pero este aumento no fue significativo en ninguna de las variedades (Tabla 2.5a y 2.5b).

Estos valores obtenidos difieren de lo publicado por Inman-Bamber (2004), donde expresa que la acumulación de biomasa se vio reducida con un déficit de agua en el suelo de 130 mm. En este estudio se determinó que con menores niveles de déficit se obtuvieron mermas en la acumulación de materia seca. Durante la primera campaña, un déficit de 104,3 mm durante el mes de febrero (Tabla 2.3) implicó una reducción en la MST del 28,2% en la variedad LCP 85-384 y NA 85-1602, ante el mismo déficit, redujo su MST en un 30% (Tabla 2.6). Más aún, durante la segunda campaña, en el mes de enero, se registró un déficit de 70,7 mm (Tabla 2.3), lo que ocasionó mermas en la MST obtenida del 14,8% y del 12,1% para las variedades LCP 85-384 y NA 85-1602, respectivamente y con respecto a lo obtenido en las mismas variedades bajo la condición de “Riego durante todo el ciclo” (Tabla 2.7).

Concordando con lo obtenido por Da Silva y Da Costa (2004), quienes determinaron que un déficit de agua durante los 3 a 6 meses de edad del cañaveral (fase de activo o gran crecimiento) redujo significativamente la biomasa total en la cosecha en un 37%. En este estudio se determinó que, en promedio para las dos campañas evaluadas, la reducción de la MST cuando el cultivo fue sometido al tratamiento “Sin riego en enero y febrero” fue del 36,8% para ambas variedades (Tabla 2.7).

Tabla 2.7 – Porcentajes de Reducción de la MST respecto del tratamiento de “Riego durante todo el ciclo” para las campañas 2011/2012 y 2012/2013 y para el promedio de ellas.

Porcentaje de reducción de la MST respecto del tratamiento de "Riego durante todo el ciclo"				
Tratamiento	Variedad	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013	Promedio
Sin Ene	LCP 85-384	13,8	14,8	14,3
	NA 85-1602	30,9	12,1	21,5
Sin Feb	LCP 85-384	28,2	37,7	33,0
	NA 85-1602	30,0	23,7	26,8
Sin Ene/Feb	LCP 85-384	38,2	35,4	36,8
	NA 85-1602	39,1	34,6	36,8
Secano	LCP 85-384	56,4	45,2	50,8
	NA 85-1602	65,2	45,7	55,4

Sin dudas y como era de esperar, la máxima diferencia registrada en cuanto a materia seca total fue entre los tratamientos “Riego durante todo el ciclo” y “Secano”. Este último, para la primera campaña (Fig. 2.5a), se vio significativamente disminuido en 25,8 Mg ha⁻¹ para la variedad LCP 85-384 y en 28,52 Mg ha⁻¹ para la variedad NA 85-1602 (Tabla 2.4a y 2.4b), que en términos de porcentaje de reducción equivalen a 56,4% para el caso de la variedad LCP 85-384 y de 65,2% para NA 85-1602 (Tabla 2.7). En la segunda campaña (Fig. 2.5b) la merma fue de 20,98 Mg ha⁻¹ para la variedad LCP 85-384 y 21,73 Mg ha⁻¹ para la variedad NA 85-1602 (Tabla 2.4c y 2.4d). Esto implicó una reducción de la MST, respecto del tratamiento sin restricciones hídricas, de 45,2% y de 45,7% para las variedades LCP 85-384 y NA 85-1602, respectivamente (Tabla 2.7).

Es necesario destacar, para la primera campaña (Fig. 2.5a), que en todos los casos experimentales la variedad que produjo menor materia seca ante los diferentes tratamientos fue la NA 85-1602. Esto podría demostrar que la variedad LCP 85-384 tendría un comportamiento más estable frente a la falta de agua durante los meses de enero y febrero que la variedad NA 85-1602.

Para la segunda campaña (Fig. 2.5b), a diferencia de la primera, en todos los casos experimentales la variedad NA 85-1602 fue la que mejor se comportó frente a los distintos

tratamientos planteados, siendo el principal determinante de este comportamiento la mayor MSTa.

Los resultados obtenidos en este estudio fueron semejantes a los publicados por Ramesh (2000), quien determinó que la reducción en el contenido de MST ante una sequía severa durante la fase fenológica de activo o gran crecimiento fue de 52,4% y, ante una sequía moderada, la reducción disminuyó a 36,3%.

2.4.3 Eficiencia en el Uso del Agua (EUA) durante los meses de enero, febrero y marzo

De acuerdo con los datos de materia seca expuestos anteriormente y realizando un cociente con la OHTA para cada tratamiento se obtiene la eficiencia con la que cada variedad transformó esos milímetros de OHTA en MST.

Para este análisis se tomaron los datos registrados durante los meses correspondientes a la fase fenológica de activo o gran crecimiento donde las restricciones hídricas se hicieron efectivas (enero y febrero) y el mes de marzo, para determinar posibles aumentos compensatorios cuando la restricción del riego cesó.

Como se puede apreciar en la Fig. 2.6a, durante el mes de enero del primer año de estudio, en todos los tratamientos planteados, la variedad LCP 85-384 fue la que mayor eficiencia tuvo. Las mayores diferencias entre ambas variedades se observaron, en primer lugar, en el tratamiento “Sin riego en enero”, donde la relación entre las variables “MST” y “OHTA” alcanzaron los valores de 23,18 g mm⁻¹ para la variedad LCP 85-384 y 15,08 g mm⁻¹ para NA 85-1602. En segundo lugar, en el tratamiento “Sin riego en enero y febrero” se observó el mismo comportamiento entre las variedades, alcanzando LCP 85-384 el valor de 23,44 g mm⁻¹ y NA 85-1602 13,44 g mm⁻¹. Es también marcada la diferencia entre ambas variedades en el tratamiento de secano, donde LCP 85-384 obtuvo una relación de 14,66 g mm⁻¹ vs 8,22 g mm⁻¹ de la variedad NA 85-1602. Estas diferencias significativas se observan en la Tabla 2.8a.

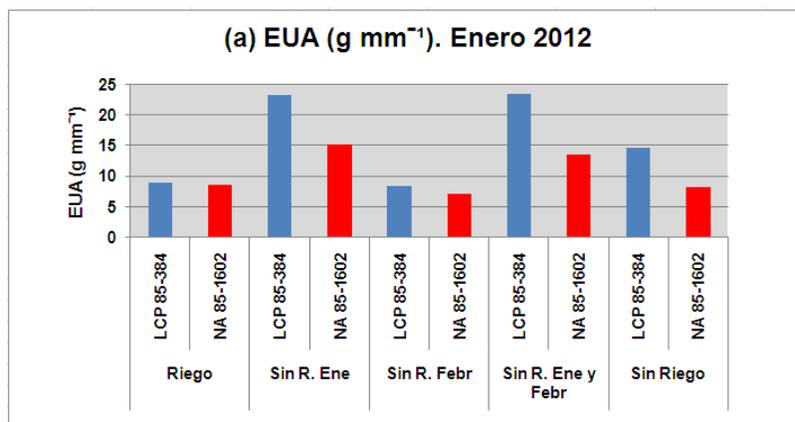


Figura 2.6a – EUA para el mes de enero. Campaña 2011/2012.

Tabla 2.8a – Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la variable “EUA”, entre ambas variedades, durante el mes enero y para cada tratamiento en estudio. Campaña 2011/2012.

Análisis de la varianza. EUA. ENERO 2012 ($p < 0,05$)		
EUA. ENERO 2012 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	B	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	B	A
Secano.	B	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

En la segunda campaña (Fig. 2.6b), para el mismo mes en estudio, se mantuvo la misma tendencia en los resultados, pero en menor grado. De esta manera, LCP 85-384 manifestó mayor eficiencia en cada tratamiento planteado. En este caso, las mayores diferencias se observaron en los tratamientos “Sin riego en febrero”, donde LCP 85-384 tuvo $3,23 \text{ g mm}^{-1}$ de eficiencia por encima de NA 85-1602 y en el tratamiento “Sin riego enero y febrero” donde la diferencia alcanzó los $3,18 \text{ g mm}^{-1}$ a favor de la variedad LCP 85-384. Estas diferencias no fueron significativas (Tabla 2.8b).

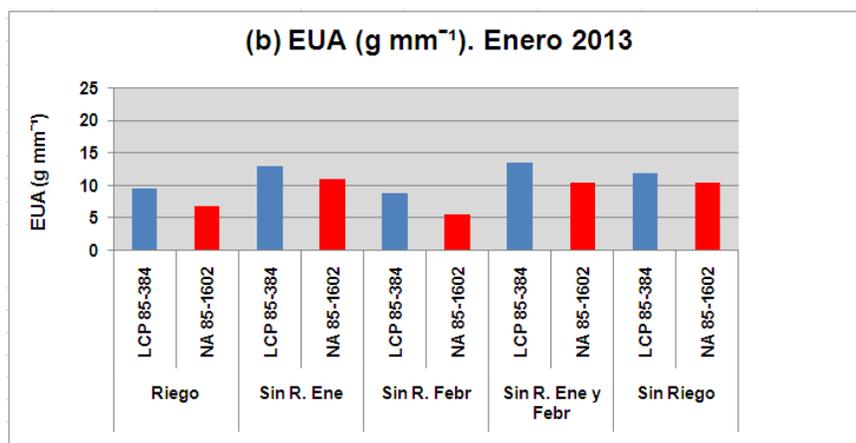


Figura 2.6b – EUA para el mes de enero. Campaña 2012/2013.

Tabla 2.8b – Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la variable “EUA”, entre ambas variedades, durante el mes enero y para cada tratamiento en estudio. Campaña 2012/2013.

Análisis de la varianza. EUA. ENERO 2013 ($p < 0,05$)		
EUA. ENERO 2013 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Durante el mes de febrero para la primera campaña (Fig. 2.6c), las diferencias fueron disímiles respecto a lo ocurrido durante el mes de enero. Para el tratamiento “Sin riego en enero y febrero” se obtuvo una pequeña diferencia en la eficiencia a favor de la variedad NA 85-1602 ($0,58 \text{ g mm}^{-1}$). Para los tratamientos “Sin riego en enero”, “Sin riego en febrero” y “Secano” las diferencias fueron mayores y a favor de la variedad LCP 85-384. En estos casos las diferencias alcanzadas fueron de $2,70 \text{ g mm}^{-1}$, $5,39 \text{ g mm}^{-1}$ y de $26,41 \text{ g mm}^{-1}$ respectivamente, destacándose, por su significancia (Tabla 2.8c) este último.

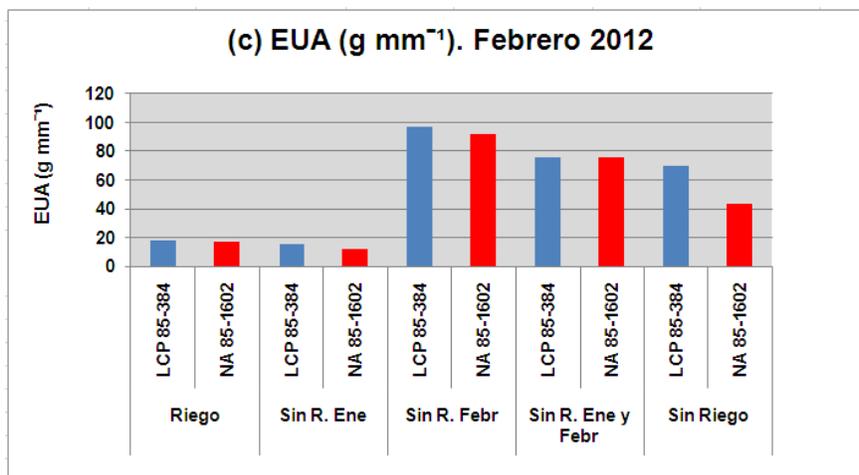


Figura 2.6c – EUA para el mes de febrero. Campaña 2011/2012.

Tabla 2.8c – Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la variable “EUA”, entre ambas variedades, durante el mes febrero y para cada tratamiento en estudio. Campaña 2011/2012.

Análisis de la varianza. EUA. FEBRERO 2012 ($p < 0,05$)		
EUA. FEBRERO 2012 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	B	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Para el mismo mes, durante la segunda campaña (Fig. 2.6d), como dato excluyente, se puede mencionar que la diferencia máxima entre ambas variedades fue obtenida en el tratamiento “Sin riego en febrero”, donde la variedad LCP 85-384 alcanzó los 18,91 g mm⁻¹ por encima de NA 85-1602, aumentando a su vez el valor obtenido en 13,52 g mm⁻¹, para el mismo mes en la primera campaña. Así también se vio que en el tratamiento “Sin riego en enero y febrero”, la variedad NA 85-1602 obtuvo 9,64 g mm⁻¹ de eficiencia por sobre su par LCP 85-384. Para el tratamiento “Secano” la diferencia a favor de LCP 85-384 fue menor a la registrada durante el mismo mes de la primera campaña. El valor obtenido para este caso fue de 6,54 g mm⁻¹. Estas diferencias no fueron significativas ($p < 0,05$) (Tabla 2.8d).

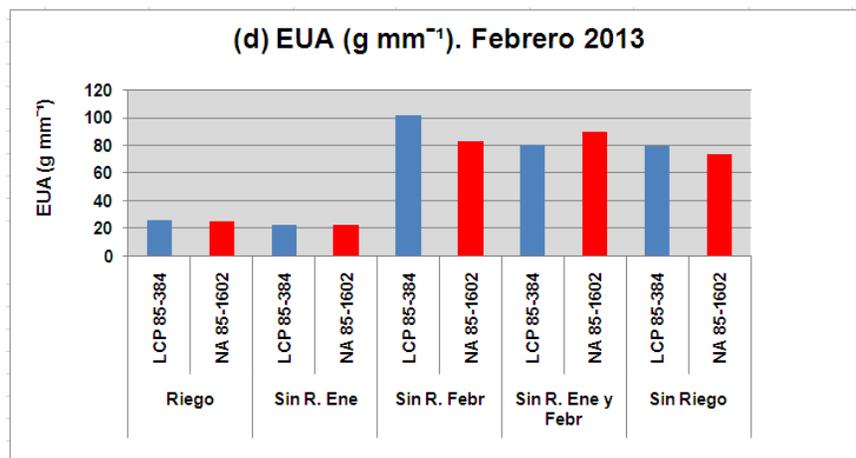


Figura 2.6d – EUA para el mes de febrero. Campaña 2012/2013.

Tabla 2.8d – Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la variable “EUA”, entre ambas variedades, durante el mes febrero y para cada tratamiento en estudio. Campaña 2012/2013.

Análisis de la varianza. EUA. FEBRERO 2013 ($p < 0,05$)		
EUA FEBRERO 2013 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

En la primera campaña, durante el mes de marzo (Fig. 2.6e), las máximas diferencias registradas entre ambas variedades fueron significativas (Tabla 2.8e) en el tratamiento “Secano” donde la variedad LCP 85-384 obtuvo 38,99 g mm⁻¹ de eficiencia por sobre su par NA 85-1602. Así mismo, en el tratamiento “Sin riego en enero” la variedad LCP 84-384 fue la más eficiente con un incremento de 3,91 g mm⁻¹ de eficiencia respecto de su par varietal.

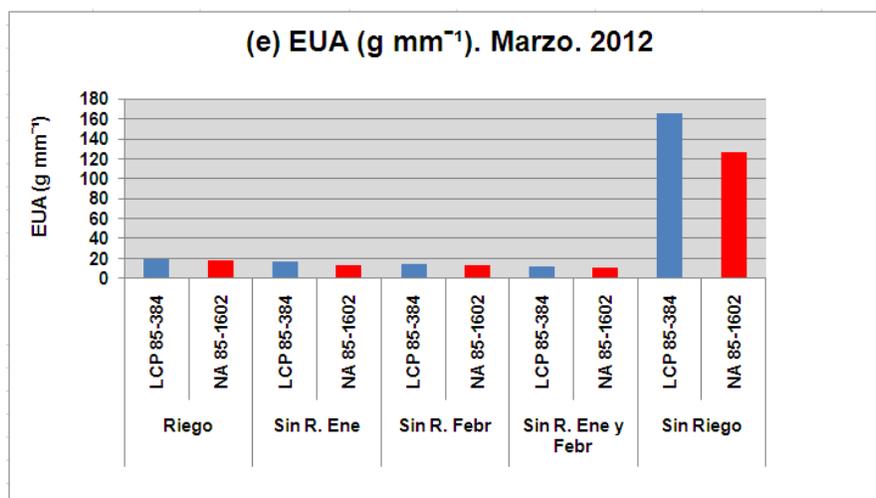


Figura 2.6e – EUA para el mes de marzo. Campaña 2011/2012.

Tabla 2.8e – Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la variable “EUA”, entre ambas variedades, durante el mes marzo y para cada tratamiento en estudio. Campaña 2011/2012.

Análisis de la varianza. EUA. MARZO 2012 ($p < 0,05$)		
EUA. MARZO 2012 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	B	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	B	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

En cambio, para la segunda campaña (Fig. 2.6f), durante el mismo mes, NA 85-1602 fue la que mayor eficiencia evidenció a lo largo de los tratamientos planteados. En este caso se destacó el tratamiento “Sin riego en febrero” con una diferencia de 3,46 g mm⁻¹. Esta diferencia no fue significativa ($p < 0,05$) (Tabla 2.8f).

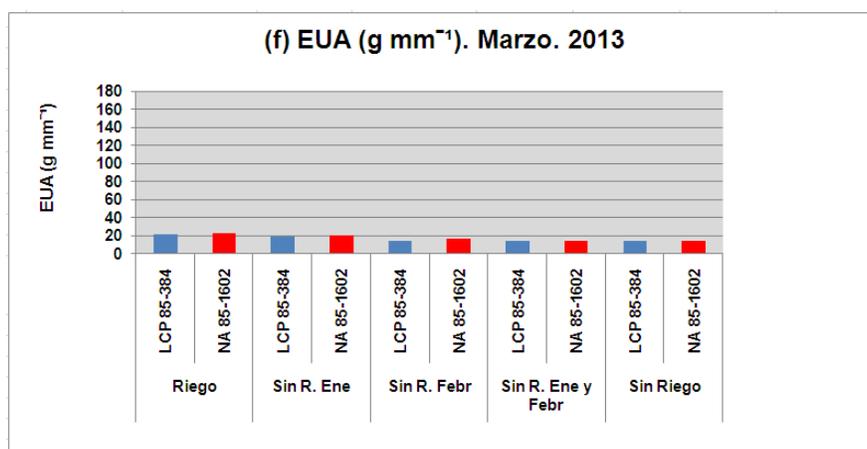


Figura 2.6f – EUA para el mes de marzo. Campaña 2012/2013.

Tabla 2.8f – Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la variable “EUA”, entre ambas variedades, durante el mes marzo y para cada tratamiento en estudio. Campaña 2012/2013.

Análisis de la varianza. EUA. MARZO 2013 ($p < 0,05$)		
EUA. MARZO 2013 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Después de analizar estos resultados se observó que la variedad LCP 85-384 fue la que tuvo, en promedio, mayor eficiencia en el uso del agua a lo largo de los distintos momentos de restricción hídrica. A excepción de la segunda campaña y para el mes de marzo donde NA 85-1602 fue la que mayor eficiencia experimentó. También se observó que durante la primera campaña, coincidente con un estrés hídrico más severo a lo largo del período analizado, la variedad LCP 85-384 fue la que mayor eficiencia, en promedio, registró a lo largo de los tratamientos planteados.

Respecto a la diferencia entre los distintos tratamientos planteados, en todos los casos en donde la OHTA fue mayor, el resultado del cociente fue inferior. Esto se debe a que la relación entre la OHTA y la producción de MST no fue lineal y a medida que la OHTA

umentaba, los gramos de MST producidos no lo hacían con la misma relación. Además, es posible que la baja eficiencia en el uso del agua, en los tratamientos “Riego durante todo el ciclo” sea debido a una baja eficiencia en la aplicación de las láminas de riego (superiores a las necesarias).

A continuación se exponen en las Tablas 2.9a, 2.9b, 2.9c y 2.9d las diferencias entre los distintos tratamientos, para los meses de enero, febrero y marzo, para ambas variedades y ambas campañas.

Tabla 2.9 – Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la variable “EUA”, entre los distintos tratamientos, durante los mes de enero, febrero y marzo, para cada variedad y campaña en estudio. A) LCP 85-384. Campaña 2011/2012. B) NA 85-1602. Campaña 2011/2012. C) LCP 85-384. Campaña 2012/2013. D) NA 85-1602. Campaña 2012/2013.

a- Análisis de la varianza. 2011/2012 ($p < 0,05$)					
LCP 85-384	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb	Secano.
Enero	A	B	A	B	A
Febrero	A	A	C	BC	B
Marzo	A	A	A	A	B

b- Análisis de la varianza. 2011/2012 ($p < 0,05$)					
NA 85-384	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb	Secano.
Enero	AB	B	A	AB	AB
Febrero	A	A	C	C	B
Marzo	A	A	A	A	B

c- Análisis de la varianza. 2012/2013 ($p < 0,05$)					
LCP 85-384	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb	Secano.
Enero	A	A	A	A	A
Febrero	A	A	A	A	A
Marzo	B	AB	A	A	A

d- Análisis de la varianza. 2012/2013 ($p < 0,05$)					
NA 85-384	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb	Secano.
Enero	A	A	A	A	A
Febrero	A	A	A	A	A
Marzo	A	A	A	A	A

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

2.4.4 Relación OHTA y Altura Promedio de Tallos (APT)

Respecto a la variable “APT” y observando las Figuras 2.7 y 2.8 se puede advertir que el recurso agua afectó de manera significativa a esta variable (Tabla 2.10). De esta manera, durante la primera campaña (Fig. 2.7), se puede notar que para ambas variedades el tratamiento de “Riego durante todo el ciclo” presentó la mayor APT. En LCP 85-384 las diferencias entre este tratamiento y “Sin riego en enero y febrero” y “Secano” son significativas (Tabla 2.10) y en NA 85-1602 se presentan diferencias significativas entre el tratamiento “Riego” y los tratamientos “Sin riego en febrero”, “Sin riego en enero y febrero” y “Secano”.

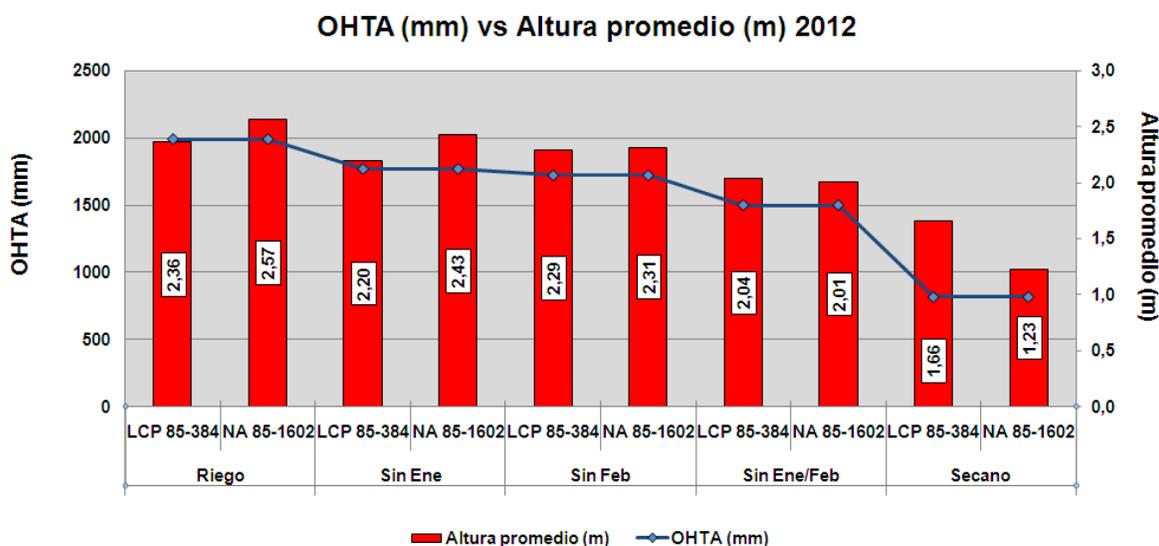


Figura 2.7 - Comportamiento de la variable Altura Promedio de Tallos en función de la OHTA. Campaña 2011-2012

Tabla 2.10 – Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la variable “Altura Promedio de Tallos”, entre los distintos tratamientos y para cada variedad. Campaña 2011/2012.

Análisis de la varianza. Altura. 2011/2012 ($p < 0,05$)					
Variedad	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
LCP 85-384	C	BC	BC	B	A
NA 85-1602	D	CD	C	B	A

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Únicamente bajo la situación “Sin riego en enero”, LCP 85-384, redujo porcentualmente su ATP en forma más severa que su par NA 85-1602, respecto al tratamiento “Riego durante todo el ciclo”. Este porcentaje de reducción fue del 5,6% para la variedad NA 85-1602 y del 7% para la variedad LCP 85-384, durante la primera campaña (Tabla 2.11). La diferencia en la APT entre ambas variedades bajo el tratamiento “Sin riego en enero”, en la primera campaña, fue significativa (Tabla 2.12).

Tabla 2.11 – Porcentajes de reducción de la APT respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo” para las campañas 2011/2012 y 2012/2013 y para el promedio de ellas.

Porcentaje de reducción de APT respecto del tratamiento de “Riego durante todo el ciclo”				
Tratamiento	Variedad	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013	Promedio
Sin Ene	LCP 85-384	7,0	7,0	7,0
	NA 85-1602	5,6	6,9	6,3
Sin Feb	LCP 85-384	3,1	6,0	4,5
	NA 85-1602	10,0	8,8	9,4
Sin Ene/Feb	LCP 85-384	13,9	14,6	14,2
	NA 85-1602	21,8	17,2	19,5
Secano	LCP 85-384	29,8	14,2	22,0
	NA 85-1602	52,2	22,2	37,2

Tabla 2.12 – Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la variable “Altura Promedio de Tallos”, entre las variedades y para cada tratamiento. Campaña 2011/2012.

Análisis de la varianza. Altura. LCP 85-384 y NA 85-1602. 2011/2012 ($p < 0,05$)		
Altura. 2011/2012 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	B
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	B	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Es destacable, además, que este porcentaje de reducción en LCP 85-384, bajo el tratamiento “Sin riego en enero” fue superior al observado en el tratamiento “Sin riego en febrero”, siendo este último del 3% (Tabla 2.11). Esto sugiere que ante un déficit hídrico durante el mes de enero la APT, en la variedad LCP 85-384, tuvo una mayor reducción que la observada cuando la restricción del riego complementario fue aplicada durante el mes de febrero. En contraposición, NA 85-1602, redujo más su APT ante el déficit ocurrido en febrero que el sufrido en enero.

Este bajo porcentaje de reducción que experimentó la variedad LCP 85-384 en el tratamiento “Sin riego en febrero” no se vio reflejado en la variedad NA 85-1602 en las mismas proporciones ya que ésta mermó su altura en un 10%, respecto del tratamiento de “Riego durante todo el ciclo” (Tabla 2.11). Sólo en NA 85-1602, esta última diferencia, fue significativa (Tabla 2.10). Pero las diferencias observadas entre ambos tratamientos, tanto en LCP 85-384 como en NA 85-1602, no fueron significativas (Tabla 2.10).

En el tratamiento “Sin riego en enero y febrero” ambas variedades redujeron sus alturas un 10% más que en el tratamiento “Sin riego en febrero” (LCP 85-384 mermó un 13,8% y NA 85-1602 un 21,7%) (Tabla 2.11). En ambos casos, las diferencias fueron significativas (Tabla 2.10). Además, este tratamiento, difirió significativamente con el de “Secano” y el de “Riego”, en la variedad LCP 85-384, en cambio en NA 85-1602 lo hizo con todos los demás tratamientos (Tabla 2.10).

Las máximas pérdidas de altura fueron en el tratamiento “Secano”, en donde LCP 85-384 disminuyó un 29,8% mientras que su par NA 85-1602 un 52,1% respecto de los tratamientos “Riego” (Tabla 2.11). Analizando estadísticamente se observó que en ambas variedades la diferencia fue significativa entre este tratamiento y el resto. Además se observaron diferencias significativas entre la APT de ambas variedades (Tabla 2.12).

En la segunda campaña (Fig. 2.8) se mantuvo la tendencia que se vio en la campaña precedente, pero con menor diferencia entre los tratamientos evaluados. En la variedad LCP 85-384 los tratamientos “Secano” y “Sin riego en enero y febrero” aminoraron sus APT en un 14,2%, para ambos casos, respecto al tratamiento “Riego durante todo el ciclo” y, para la variedad NA 85-1602 las diferencias alcanzadas fueron del 22,2% y del 17%, respectivamente. Estas diferencias marcadas fueron significativas (Tabla 2.13).

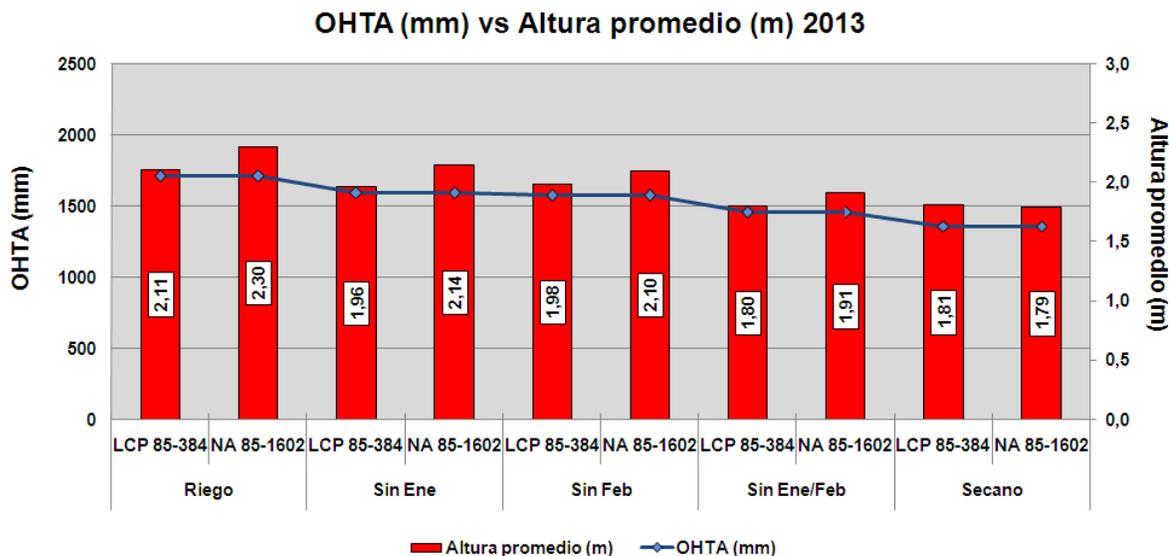


Figura 2.8 - Comportamiento de la variable Altura Promedio de Tallos en función a la OHTA. Campaña 2012-2013.

Tabla 2.13 – Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la variable “Altura Promedio de Tallos”, entre los distintos tratamientos y para cada variedad. Campaña 2012/2013.

Análisis de la varianza. Altura. 2012/2013 ($p < 0,05$)					
Variedad	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
LCP 85-384	B	AB	AB	A	A
NA 85-1602	C	BC	BC	AB	A

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Comparando ambas variedades, durante la segunda campaña, se observó que solamente hubo diferencias significativas en el tratamiento “Sin riego en febrero” (Tabla 2.14).

Tabla 2.14 – Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la variable “Altura Promedio de Tallos”, entre las variedades y para cada tratamiento. Campaña 2012/2013.

Análisis de la varianza. Altura. LCP 85-384 y NA 85-1602. 2012/2013 ($p < 0,05$)		
Altura. 2012/2013 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	B
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Analizando las dos campañas, se observa que tanto en la variedad LCP 85-384 como en la variedad NA 85-1602, durante la primera campaña (donde el estrés hídrico fue más severo) la variable “APT” fue afectada en un 15,6% y un 30% respectivamente, más que durante la campaña siguiente. Con esto se confirma que la variedad NA 85-1602, en su variable “APT” es más dependiente de las condiciones hídricas y por consiguiente LCP 85-384 presentaría mayor estabilidad frente al déficit hídrico.

A través de un análisis de correlación realizada entre la OHTA y la APT, para cada variedad se observa que la relación entre ambas variables es muy afín. Los valores

arrojaron que la relación promedio de ambas campañas fue de $r = 0,96$, para la variedad LCP 85-384 y de $r = 0,99$ para NA 85-1602.

Estos datos obtenidos concuerdan con lo observado por Inman-Bamber (2004), quien determinó que ante un mínimo déficit hídrico (36 mm) lo que primero se ve afectado es la tasa de elongación del tallo y coinciden con lo determinado por Domaingue (1995) y Soares *et al.* (2004), quienes observaron que la altura del tallo es el parámetro más severamente reducido en condiciones de sequía.

A su vez, Soopramanien *et al.* (1992) determinaron que el estrés hídrico debe ser evitado después de la fase de macollaje porque afecta a la altura de tallos molibles, lo que produce una disminución en los rendimientos del cultivo. En este estudio se comprobaron estos resultados, ya que por medio de un análisis de correlación (r) se determinó que la relación entre ambas variables fue de $r = 0,99$ para la variedad LCP 85-384 y de $r = 0,86$ para la variedad NA 85-1602 (promedio de ambas campañas).

En un estudio realizado por Silva *et al.* (2008) la altura promedio de tallos para 80 genotipos bajo un tratamiento de estrés hídrico moderado fue 167,48 cm, mientras que para los mismos genotipos, bajo el tratamiento en húmedo la altura promedio fue de 192,69 cm. Por otra parte, Domaingue (1995), Soares *et al.* (2004) Ramesh y Mahadevaswamy (2000), determinaron, en promedio, 177 cm a partir de cuatro genotipos, con tratamiento de sequía moderada aplicada entre 60 a 150 días después de la plantación.

Estos resultados concuerdan con lo obtenido en este estudio, donde la variedad LCP 85-384, en promedio para las dos campañas evaluadas, obtuvo bajo el tratamiento de "Riego" una altura promedio de 224 cm. Para el tratamiento "Sin riego en enero" (desde los 120 a 150 días posterior a la plantación, DAP) 208 cm; "Sin riego en febrero" (150 a 180 DAP) 214 cm; "Sin riego en enero y febrero (120 a 180 DAP) 192 cm; y bajo el tratamiento de "Secano" las alturas promedio de ambas campañas fueron 174 cm. En el caso de la variedad NA 85-1602 obtuvo bajo el tratamiento de "Riego" una altura promedio de 244 cm. Para el tratamiento "Sin riego en enero" (desde los 120 a 150 días posterior a la plantación, DAP) 229 cm; "Sin riego en febrero" (150 a 180 DAP) 221 cm; "Sin riego en enero y febrero (120 a 180 DAP) 196 cm; y bajo el tratamiento "Secano" la APT de ambas campañas fue de 151 cm.

2.4.5 Relación entre el Promedio Mensual de la Elongación Semanal de Tallos (PMEST) y la OHTA

Para realizar este análisis se calculó el promedio mensual de la elongación semanal de tallos (PMEST), con la idea de poder analizar la relación entre la OHTA por tratamiento y la elongación de tallos según los distintos tratamientos planteados.

Durante la primera campaña (Fig. 2.9a), la variedad LCP 85-384, para el tratamiento de riego durante todo el ciclo, el PMEST durante el mes de enero fue de 11,67 cm, para el mes de febrero de 10,85 cm y para marzo fue de 7,08 cm. Para la misma variedad pero para la segunda campaña (Fig. 2.9b), los valores obtenidos fueron: 9,56 cm, 5,52 cm, y 5,54 cm, para los meses de enero, febrero y marzo, respectivamente. Tomando estos valores como el cien por ciento se efectuó una relación porcentual respecto a lo ocurrido en los demás tratamientos.

Para el caso del tratamiento "Sin riego en enero", en la primera campaña (Fig. 2.9a), el PMEST durante el mes donde se restringió el riego cayó un 57,1% respecto a lo observado en el tratamiento "Riego durante todo el ciclo". Luego, pasada la etapa de restricción, experimentó un incremento del orden del 10,6% por encima del tratamiento de

“Riego”. Lo mismo ocurrió durante el mes de marzo para el mismo tratamiento dado que sus tallos, en promedio, elongaron un 30% más que el promedio de los tallos del tratamiento sin restricciones hídricas (Tabla 2.15a).

Tabla 2.15a – Porcentajes de Reducción del PMEST respecto del tratamiento de “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad LCP 85-384 y para cada tratamiento. Campaña 2011/2012.

Porcentaje de Reducción del PMEST respecto del tratamiento "Riego durante todo el ciclo". LCP 85-384. 2011/2012		
Tratamiento	Meses	Porcentaje de reducción
Sin/Ene	ENERO	57,1
	FEBRERO	* -10,6
	MARZO	* -30,6
Sin/Feb	ENERO	0,2
	FEBRERO	32,1
	MARZO	* -22,1
Sin/Ene-Feb	ENERO	48,1
	FEBRERO	30,4
	MARZO	* -18,8
Secano	ENERO	51,0
	FEBRERO	30,6
	MARZO	74,4

* Los valores negativos (en color rojo) corresponden a incrementos en el PMEST respecto a lo observado en el tratamiento “Riego durante todo el ciclo”.

Durante la segunda campaña (Fig. 2.9b) la tendencia fue similar a lo ocurrido en la primera. En este caso, durante el mes de enero PMEST cayó un 24% (un 32% menor a la merma observada en la primera campaña), durante el mes de febrero la elongación se incrementó casi un 11% y, durante el mes de marzo, y a diferencia de lo ocurrido durante la primera campaña, los tallos se elongaron un 3,7% menos que los del tratamiento sin restricciones hídricas (Tabla 2.15b).

Tabla 2.15b – Porcentajes de Reducción del PMEST respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad LCP 85-384 y para cada tratamiento. Campaña 2012/2013.

Porcentaje de Reducción del PMEST respecto del tratamiento "Riego durante todo el ciclo". LCP 85-384. 2012/2013		
Tratamiento	Meses	Porcentaje de reducción
Sin/Ene	ENERO	24,7
	FEBRERO	* -10,9
	MARZO	3,8
Sin/Feb	ENERO	* -11,3
	FEBRERO	41,9
	MARZO	* -10,9
Sin/Ene-Feb	ENERO	20,9
	FEBRERO	78,1
	MARZO	* -6,4
Secano	ENERO	26,7
	FEBRERO	68,7
	MARZO	* -6,4

* Los valores negativos (en color rojo) corresponden a incrementos en el PMEST respecto a lo observado en el tratamiento “Riego durante todo el ciclo”.

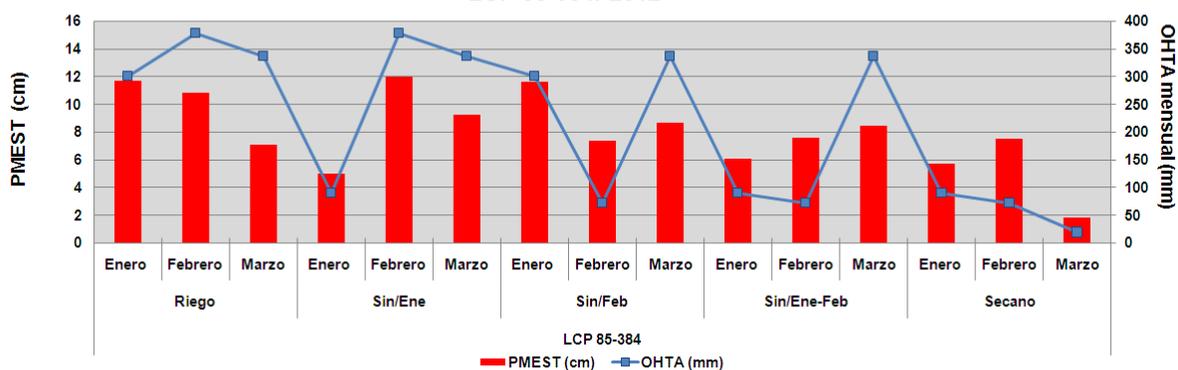
Para el tratamiento “Sin riego en febrero”, en el primer año de estudios (Fig. 2.9a), y durante el mes de enero no se observaron prácticamente diferencias con el PMEST del tratamiento “Riego durante todo el ciclo” (Tabla 2.15a). En cambio, en la segunda campaña (Fig. 2.9b), éste tuvo un incremento del 11,3%, respecto del tratamiento sin restricciones hídricas (Tabla 2.15b). Cabe aclarar que este tratamiento aún no había

sufrido la restricción hídrica correspondiente. En cambio, durante el mes de febrero, cuando se inició la restricción en ambas campañas, se pudo advertir una disminución en la elongación de los tallos. Esta disminución alcanzó el 32% para la primera y el 41,9% para la segunda campaña. Luego, durante el mes de marzo y ya sin restricciones, el PMEST fue superior para ambas campañas al observado en el tratamiento “Riego durante todo el ciclo”. Estas diferencias fueron del 22% para el primer año y del 10,9% para el segundo año de ensayo (Tablas 2.15a y 2.15b).

Bajo el tratamiento “Sin riego en enero y febrero”, para la variedad LCP 85-384, en ambas campañas, tanto en el mes de enero como durante el mes de febrero los tallos acusaron una merma significativa en cuanto a elongación de tallos se refiere. Durante el primer año de estudios (Fig. 2.9a) las reducciones fueron del 48,1% y del 30,4% para los meses de enero y febrero, respectivamente (Tabla 2.15a). En cambio, en la segunda campaña (Fig. 2.9b) las disminuciones fueron del 20,9% y del 78,1% (Tabla 2.15b). Este alto porcentaje de reducción se debió a las bajas precipitaciones registradas durante el mes de febrero durante esa campaña y a la elevada evapotranspiración ocurrida en dicho período (Fig. 2.3). Luego, durante el mes de marzo, cuando cesó la restricción hídrica, el PMEST aumentó en un 18,8% para el primer año y un 6,4% para el segundo, respecto de los tratamientos sin restricciones hídricas (Tablas 2.15a y 2.15b). Es importante marcar que en la segunda campaña la compensación en la elongación de tallos se vio más restringida ya que el estrés al que fue sometido este tratamiento fue extremo, afectando el área fotosintéticamente activa e incidiendo, a su vez, en la producción de fotoasimilados y su partición, como se verá posteriormente.

En el tratamiento “Secano”, durante la primera campaña (Fig. 2.9a), LCP 85-384, en los tres meses de observación registró mermas en el PMEST respecto del tratamiento sin restricciones hídricas. Dichas reducciones fueron del 50,9% para el mes de enero, 30,6% en febrero y del 74,4% en marzo (Tabla 2.14a). Para el segundo año (Fig. 2.9b) y, a diferencia del primero, durante los dos primeros meses las mermas alcanzaron los 26,7% y 68,7% en enero y febrero, respectivamente. En cambio, en el mes de marzo estos tallos registraron, en promedio, un aumento en el PMEST del 6,4% (Tabla 2.15b). Este aumento se debió a las precipitaciones ocurridas durante este mes (Tabla 2.2).

(a) Promedio mensual de la elongación semanal de tallos (PMEST) (cm) vs OHTA mensual (mm).
LCP 85-384. 2012



(b) Promedio mensual de la elongación semanal de tallos (PMEST) (cm) vs OHTA mensual (mm).
LCP 85-384. 2013

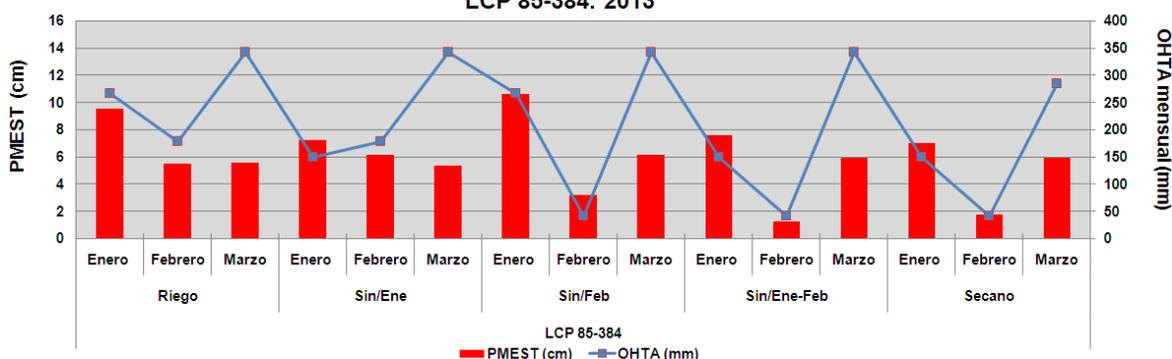


Figura 2.9 - Evaluación del Promedio Mensual de la Elongación Semanal de Tallos (PMEST) con relación a la OHTA mensual para cada campaña y tratamiento planteado. LCP 85-384. (a) Campaña 2011/2012; (b) Campaña 2012/2013

A continuación se exponen los resultados del análisis de la varianza para la variable PMEST, entre los distintos tratamientos y para los tres meses y las dos campañas en estudio (Tabla 2.16).

Tabla 2.16 – Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la variable “PMEST”, entre los distintos tratamientos y para los meses de enero, febrero y marzo. LCP 85-384. A) Campañas 2011/2012 y B) 2012/2013.

a- Análisis de la varianza. PMEST. 2011/2012 ($p < 0,05$)					
LCP 85-384	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
Enero	B	A	B	A	A
Febrero	B	B	A	A	A
Marzo	B	C	C	C	A

b- Análisis de la varianza. PMEST. 2012/2013 ($p < 0,05$)					
LCP 85-384	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
Enero	AB	A	B	A	A
Febrero	BC	C	AB	A	A
Marzo	AB	A	B	AB	AB

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

En la variedad NA 85-1602 el PMEST registrado en el tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, en la primera campaña (Fig. 2.10a), fue de 10,69 cm, 13,65 cm y 10,38 cm para los meses de enero, febrero y marzo, respectivamente. Para el segundo año de estudios (Fig. 2.10b) fue de 12,06 cm, 7,94 cm y 6,92 cm, para los mismos meses. Del mismo modo, como lo propuesto para el análisis en la variedad LCP 85-384, se tomaron estos valores como el cien por ciento para los cálculos de las relaciones porcentuales respecto a lo ocurrido en los demás tratamientos.

Para el tratamiento “Sin riego en enero”, en el primer año de estudios (Fig. 2.10a), NA 85-1602 registró en el transcurso de enero una merma del 56,9% y, en el mes de febrero, la reducción fue del 18,5% respecto de los datos registrados de los tallos del tratamiento de “Riego durante todo el ciclo”. Durante el mes de marzo la elongación superó al tratamiento de referencia en un 23,9% (Tabla 2.17a). Lo mismo ocurrió, aunque en menores proporciones, durante el segundo año de análisis (Fig. 2.10b). En este caso, en el mes de enero, la merma fue del 27,8% y del 16% para el mes de febrero. En el mes de marzo, al igual que en el primer año pero en menores proporciones, también se observó

un incremento en la variable en cuestión, alcanzando un porcentaje del 1,2% respecto del tratamiento patrón (Tabla 2.17b).

Tabla 2.17a – Porcentajes de reducción del “PMEST” respecto del tratamiento de “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad NA 85-1602 y para cada tratamiento. Campaña 2011/2012.

Porcentaje de Reducción del PMEST respecto del tratamiento "Riego durante todo el ciclo". NA 85-1602. 2011/2012		
Tratamiento	Meses	Porcentaje de reducción
Sin/Ene	ENERO	56.9
	FEBRERO	18.6
	MARZO	* -23.9
Sin/Feb	ENERO	* -11.2
	FEBRERO	42.0
	MARZO	13.3
Sin/Ene-Feb	ENERO	59.5
	FEBRERO	51.9
	MARZO	8.4
Secano	ENERO	61.0
	FEBRERO	62.4
	MARZO	83.5

* Los valores negativos (en color rojo) corresponden a incrementos en el PMEST respecto a lo observado en el tratamiento “Riego durante todo el ciclo”.

Analizando el tratamiento “Sin riego en febrero” se puede observar que, durante el mes de enero, en ambas campañas (Fig. 2.10a y 2.10b), los tallos mostraron un mayor PMEST respecto al tratamiento “Riego”. Este incremento fue del 11,2% para la primera y del 2,5% para la segunda campaña, respectivamente. Luego, durante el período de restricción hídrica, también en ambas campañas los tallos disminuyeron su longitud al 42% para el primer año y al 49% para el segundo. Esta reducción, aunque en menor medida, se mantuvo durante el mes de marzo, alcanzando valores del 13,3% y del 1,1% respecto del tratamiento de referencia (Tablas 2.17a y 2.17b).

Tabla 2.17b – Porcentajes de Reducción del “PMEST” respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad NA 85-1602 y para cada tratamiento. Campaña 2012/2013.

Porcentaje de Reducción del PMEST respecto del tratamiento "Riego durante todo el ciclo". NA 85-1602. 2012/2013		
Tratamiento	Meses	Porcentaje de reducción
Sin/Ene	ENERO	27.9
	FEBRERO	16.0
	MARZO	* -1.2
Sin/Feb	ENERO	* -2.5
	FEBRERO	49.1
	MARZO	1.1
Sin/Ene-Feb	ENERO	20.7
	FEBRERO	65.9
	MARZO	0.6
Secano	ENERO	28.6
	FEBRERO	76.9
	MARZO	* -16.0

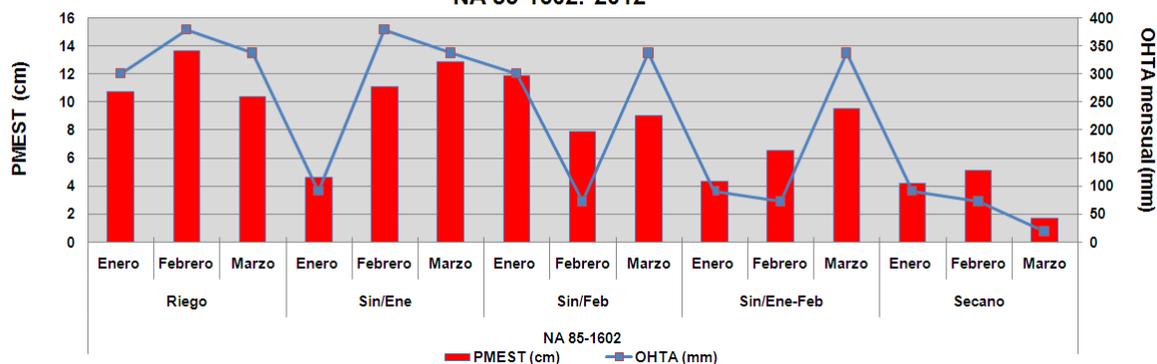
* Los valores negativos (en color rojo) corresponden a incrementos en el PMEST respecto a lo observado en el tratamiento “Riego durante todo el ciclo”.

En el tratamiento “Sin riego en enero y febrero”, y como era de esperar, durante los meses de restricción y en ambas campañas, se produjo una reducción significativa de la elongación de tallos. En el transcurso de la primera campaña (Fig. 2.10a) la reducción fue del 59,5% en enero y del 51,9% en febrero. En la segunda campaña (Fig. 2.10b) las mermas alcanzaron los 20,7% y 65,9% para los mismos meses. Esta reducción continuó

durante el mes de marzo, aunque en menores proporciones, en ambas campañas. Los valores observados en esta oportunidad fueron del 8,4% y del 0,6% respecto del tratamiento de “Riego durante todo el ciclo” (Tablas 2.17a y 2.17b).

Las máximas reducciones en el promedio PMEST fueron detectadas en el tratamiento “Secano”. En la primera campaña (Fig. 2.10a) esta merma fue observada en los tres meses examinados. Las mismas alcanzaron los valores del 61%, 62,4% y 83,5%, para los meses de enero, febrero y marzo, respectivamente (Tabla 2.17a). En cambio, durante el segundo año (Fig. 2.10b), tanto en enero como en febrero experimentaron una disminución del 23,6% y del 76,9%, y en el mes de marzo un incremento del 16% respecto del tratamiento patrón (Tabla 2.17b). Este incremento se debió a que durante ese mes ocurrieron precipitaciones que favorecieron al PMEST.

(a) Promedio mensual de la elongación semanal de tallos (PMEST) (cm) vs OHTA mensual (mm).
NA 85-1602. 2012



(b) Promedio mensual de la elongación semanal de tallos (PMEST) (cm) vs OHTA mensual (mm).
NA 85-1602. 2013.

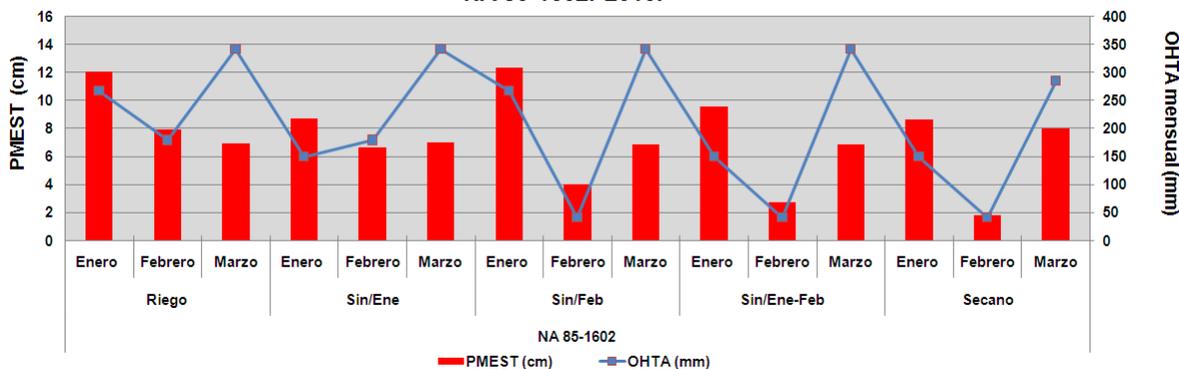


Figura 2.10 - Evaluación del Promedio Mensual de la Elongación Semanal de Tallos (PMEST) con relación a la OHTA mensual para cada campaña y tratamiento planteado. NA 85-1602. (a) Campaña 2011/2012; (b) Campaña 2012/2013.

A continuación se exponen los resultados del análisis de la varianza para la variable PMEST, entre los distintos tratamientos y para los tres meses y las dos campañas en estudio (Tabla 2.18).

Tabla 2.18 – Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la variable “PMEST”, entre los distintos tratamientos y para los meses de enero, febrero y marzo. NA 85-1602. A) Campañas 2011/2012 y B) 2012/2013.

a- Análisis de la varianza. PMEST. 2011/2012 ($p < 0,05$)					
NA 85-384	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
Enero	B	A	B	A	A
Febrero	C	B	A	A	A
Marzo	B	B	B	B	A

b- Análisis de la varianza. PMEST. 2012/2013 ($p < 0,05$)					
NA 85-384	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
Enero	BC	A	C	AB	A
Febrero	B	B	A	A	A
Marzo	A	A	A	A	A

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Ahora, comparando el comportamiento de ambas variedades se advierte que ante una restricción en la disponibilidad hídrica, tanto LCP 85-384 como NA 85-1602 experimentaron una reducción en el PMEST, respecto a lo observado en los tratamientos sin restricciones hídricas. Inmediatamente superada la etapa de restricción, solamente la variedad LCP 85-384 tuvo la capacidad de incrementar los valores del PMEST respecto a los obtenidos en el tratamiento de referencia (Tablas 2.15a; 2.15b; 2.17a y 2.17b).

La elongación semanal de los tallos determina la altura final que estos alcanzan. De acuerdo con lo visto anteriormente la altura final de los tallos está directamente relacionada con el rendimiento final que el cultivo expresa. Así también lo determinó Thomas *et al.* (1978), quienes observaron que el incremento en los niveles de estrés hídrico produce una disminución en el rendimiento del cultivo por la disminución de la tasa de elongación de tallos.

Así también, Wiedenfeld y Enciso (2008) determinaron que las tasas de crecimiento del tallo se incrementaron con el aumento de la aplicación de agua durante el período de gran crecimiento. Otros también han encontrado alargamiento de caña y altura del tallo que se correlacionan fuerte y negativamente con la sequía (Singh y Reddy, 1980; Soares *et al.*, 2004; Wiedenfeld, 1995).

2.4.6 Relación Área Foliar (AF) y la OHTA

El déficit hídrico también afectó el AF del cultivo. En ambas campañas y en ambas variedades en el tratamiento “Riego durante todo el ciclo” el AF fue incrementándose en forma significativa. La variedad LCP 85-384 registró valores muy superiores en los tres momentos de medición, respecto a la variedad NA 85-1602. Esto fue debido a que LCP 85-384, a una misma condición hídrica, presentó una mayor población de tallos que significaron una mayor cantidad de hojas por unidad de superficie y, por consiguiente, una mayor AF.

En las figuras que se exponen en este apartado (Fig. 2.11 y Fig. 2.12) se observa, en barras, el AF registrado durante los meses de enero, febrero y marzo, para cada tratamiento. En líneas se visualiza la OHTA en cada mes (enero: línea azul; febrero: línea roja y; marzo: línea verde) para cada tratamiento.

Para el primer año de estudios (Fig. 2.11), en el tratamiento “Sin riego en enero” la variedad NA 85-1602 redujo significativamente su AF respecto al tratamiento “Riego”. En el gráfico se puede observar que durante el mes de enero, para dicho tratamiento, NA 85-1602 redujo un 19% su AF respecto al tratamiento de riego. Así mismo, la misma variedad

e igual tratamiento, durante el mes de febrero incrementó significativamente su AF, superando al tratamiento de riego hasta en un 11,4%, compensando la disminución de la variable en cuestión luego de haber pasado ese periodo sin riego complementario (Tabla 2.19a).

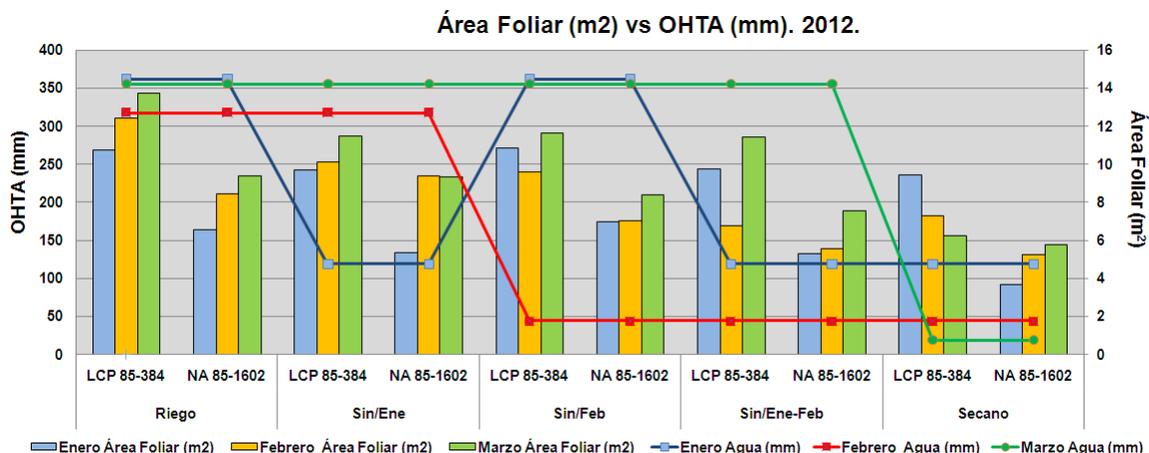


Figura 2.11 - Evolución del Área Foliar durante los meses de enero, febrero y marzo, de acuerdo con la OHTA para cada mes, en cada tratamiento planteado, para la campaña 2011/2012.

Tabla 2.19a – Porcentajes de Reducción del Área foliar respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad NA 85-1602 y para cada tratamiento. Campaña 2011/2012.

Porcentaje de Reducción del Área foliar respecto del tratamiento "Riego durante todo el ciclo". NA 85-1602. 2011/2012		
Tratamiento	Meses	Porcentaje de reducción
Sin/Ene	ENERO	19,0
	FEBRERO	* -11,4
	MARZO	0,3
Sin/Feb	ENERO	* -6,2
	FEBRERO	16,9
	MARZO	10,3
Sin/Ene-Feb	ENERO	19,5
	FEBRERO	34,4
	MARZO	19,2
Secano	ENERO	43,9
	FEBRERO	37,9
	MARZO	38,5

* Los valores negativos (en color rojo) corresponden a incrementos en el PMEST respecto a lo observado en el tratamiento “Riego durante todo el ciclo”.

Este efecto compensatorio no se observó, para el mismo tratamiento, en la variedad LCP 85-384. Durante el mes de enero el AF cayó en un 9,7% respecto del AF del tratamiento de riego. Durante el mes de febrero la merma alcanzó el 18,6% (Tabla 2.19b). Este efecto se debió a que el cultivo durante el mes donde se restringió el riego poseía un AF considerable que se comportó como una gran superficie evaporante. Esto luego afectó a la generación y al tamaño de nuevas hojas y a la elongación de tallos. Para el mes de marzo el porcentaje de reducción alcanzó el 16,2%.

Tabla 2.19b – Porcentajes de Reducción del Área foliar respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad LCP 85-384 y para cada tratamiento. Campaña 2011/2012.

Porcentaje de Reducción del Área foliar respecto del tratamiento "Riego durante todo el ciclo". LCP 85-384. 2011/2012		
Tratamiento	Meses	Porcentaje de reducción
Sin/Ene	ENERO	9,7
	FEBRERO	18,6
	MARZO	16,2
Sin/Feb	ENERO	* -0,8
	FEBRERO	22,9
	MARZO	15,1
Sin/Ene-Feb	ENERO	9,4
	FEBRERO	45,7
	MARZO	16,8
Secano	ENERO	12,4
	FEBRERO	41,3
	MARZO	54,7

* Los valores negativos (en color rojo) corresponden a incrementos en el PMEST respecto a lo observado en el tratamiento "Riego durante todo el ciclo".

En el tratamiento "Sin riego en febrero" la variedad LCP 85-384 obtuvo en enero un AF semejante al tratamiento de riego (0,8%). Durante el mes de febrero, en donde el cultivo no recibió riego complementario, el AF cayó por debajo del 11,6% respecto al AF que había registrado en el mes de enero (Fig. 2.11) y, mermó un 22,9% respecto del AF observada en el tratamiento "Riego" para el mismo mes. Esto, al igual que en el caso anterior, fue debido a que el cultivo poseía un gran AF cuando se limitó el riego. El cultivo ante esta nueva situación hídrica eliminó parte de las hojas del tercio inferior para evitar mayores pérdidas de agua por transpiración. Posteriormente, cuando se reactivó el suministro del riego, volvió a producir hojas, pero en menor medida que en la situación de "Riego durante todo el ciclo" (un 15,1% menos que el registrado en el tratamiento de "Riego") (Tabla 2.19b). Esto fue consecuencia de que al disminuir la cantidad de hojas funcionales disminuyó la producción de fotoasimilados necesarios para la formación y el mantenimiento de nuevas hojas.

Para la variedad NA 85-1602, en el mismo tratamiento, el AF lograda en el mes de enero superó al tratamiento "Riego durante todo el ciclo" en un 6,2%. Durante el mes de febrero el AF permaneció constante respecto al producido en el mes de enero (Fig. 2.11) y disminuyó respecto de lo obtenido en el tratamiento "Riego durante todo el ciclo" en 16.9%. Posteriormente, durante el mes de marzo esta variable experimentó un incremento del 16,5% respecto de lo ocurrido en el mes de febrero (Fig.2.11) y una reducción del 10,3% respecto a lo observado en el tratamiento "Riego durante todo el ciclo" (Tabla 2.19a).

Durante el mes de enero, para la variedad LCP 85-384, en el tratamiento "Sin riego en enero y febrero" la variable "AF" disminuyó en un 9,4% respecto de lo observado para el tratamiento "Riego". Durante el mes de febrero esta variable disminuyó en un 45,7%. En este tratamiento, al continuar el período de estrés durante el mes de febrero, el valor de "AF" continuó decreciendo respecto a lo observado en el tratamiento "Riego", hasta alcanzar valores del 45,7% de mermas. Durante el mes de marzo, cuando el componente "agua" no fue limitante, el cultivo compensó su AF y el porcentaje de reducción alcanzó el 16,8% (Tabla 2.19b).

Para el mismo tratamiento, la variedad NA 85-1602, durante el mes de enero, registró una merma del AF del 19,5% respecto al tratamiento "Riego". Seguidamente, durante el

mes de febrero, el AF se redujo hasta un 34,4%, y en marzo, la reducción alcanzó el 19,2%, respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo (Tabla 2.19a).

Finalmente, para el tratamiento “Secano”, el efecto del estrés hídrico sobre el AF fue significativo durante la primera campaña (Fig. 2.11). La variedad LCP 85-384 registró su máxima área durante el mes de enero. Este valor alcanzó los 6,22 m² m lineal⁻¹. Durante el mes de febrero disminuyó en 22,6% y en el mes de marzo un 34% respecto al valor medido en el mes de enero, y 12,4%, 41,3% y 54,7% en los meses de enero, febrero y marzo respectivamente y con respecto a lo observado en el tratamiento “Riego durante todo el ciclo” (Tabla 2.19b).

En la variedad NA 85-1062 el efecto del estrés hídrico sobre el AF también fue significativo, ya que durante los tres meses de observación registraron valores muy inferiores a los del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”. Los porcentajes de reducción respecto al tratamiento sin restricciones hídricas alcanzaron el 43,7% para el mes de enero, 37,9% para el mes de febrero y 38,5% para el mes de marzo (Tabla 2.19a).

En las Tabla 2.20a y 2.20b se presentan los análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los resultados expuestos para la primera campaña y para ambas variedades evaluadas.

Tabla 2.20 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los datos obtenidos de Área Foliar durante la primera campaña de ensayos, para las variedades LCP 85-384 (a) y NA 85-1602 (b).

a- Análisis de la varianza ($p < 0,05$). Área foliar. Campaña 2011/2012. LCP 85-384				b- Análisis de la varianza ($p < 0,05$). Área foliar. Campaña 2011/2012. NA 85-1602			
Tratamiento	Enero	Febrero	Marzo	Tratamiento	Enero	Febrero	Marzo
Riego	A	D	B	Riego	B	BC	B
Sin riego en enero	A	CD	B	Sin riego en enero	AB	C	B
Sin riego en febrero	A	BC	B	Sin riego en febrero	B	AB	B
Sin riego en enero-febrero	A	A	B	Sin riego en enero-febrero	B	A	AB
Secano	A	AB	A	Secano	A	A	A

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

En las mismas se pudo comprobar lo expuesto anteriormente. En este caso, LCP 85-384 durante el mes de enero no tuvo diferencias significativas ($p < 0,05$) en cuanto al AF de cada tratamiento.

Durante el mes de febrero el tratamiento “Riego” acusó diferencias significativas respecto a los tratamientos “Sin riego en enero y febrero”, “Secano” y “Sin riego en febrero”. A su vez, el tratamiento “Sin riego en enero” se diferenció significativamente de su par “Sin riego en enero y febrero” y “Secano”. El tratamiento “Sin riego en febrero” se diferenció marcadamente del tratamiento “Sin riego en enero y febrero”, que fue el que menor AF había obtenido.

En el mes de marzo se pudo constatar que únicamente se registraron diferencias significativas entre el tratamiento “Secano” y el resto de los tratamientos evaluados.

Para el caso de la variedad NA 85-1602, durante el mes de enero, se pudieron observar diferencias significativas entre el tratamiento “Secano” y los tratamientos “Riego”, “Sin riego en febrero” y “Sin riego en enero y febrero”. No se registraron diferencias marcadas con el tratamiento “Sin riego en enero”.

Durante el mes de febrero, entre los tratamientos “Secano” y “Sin riego en enero y febrero” no hubo diferencias. Sí, hubo diferencias significativas entre estos últimos y los tratamientos “Sin riego en enero” y “Riego”. Así también se registraron marcadas diferencias entre el AF del tratamiento “Sin riego en enero” y “Sin riego en febrero”.

En el mes de marzo NA 85-1602 mostró diferencias significativas en los valores de AF entre el tratamiento de “Secano” y los tratamientos de “Riego”, “Sin riego en enero” y “Sin

riego en febrero”. No hubo diferencias marcadas entre estos tratamientos y el de “Sin riego en enero y febrero”.

Para la segunda campaña (Fig. 2.12), en ambas variedades no hubieron diferencias significativas respecto al AF registrada en los distintos tratamientos (Tabla 2.21a y 2.21b).

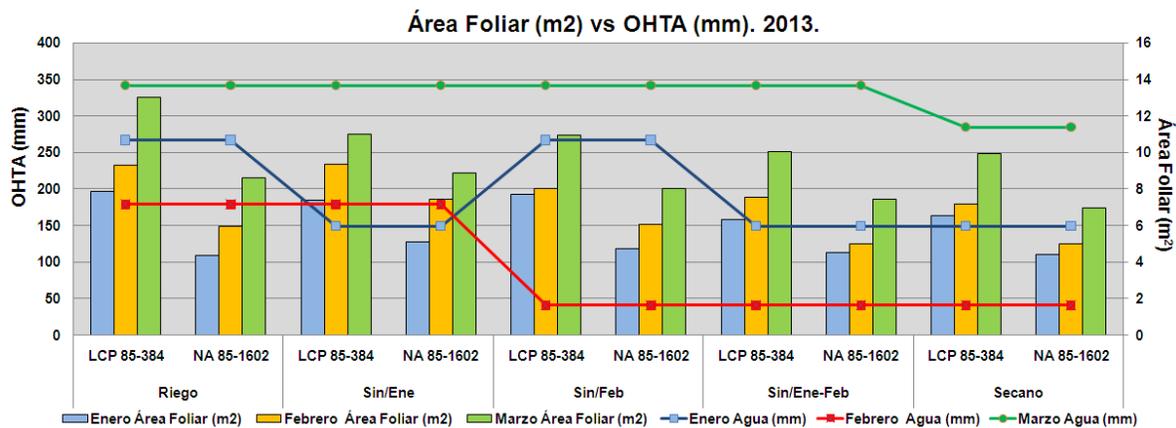


Figura 2.12 - Evolución del Área Foliar durante los meses de enero, febrero y marzo, de acuerdo con la OHTA en cada tratamiento planteado, para la campaña 2012/2013.

Tabla 2.21 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los datos obtenidos de Área Foliar durante la segunda campaña de ensayos, para las variedades LCP 85-384 (a) y NA 85-1602 (b).

a- Análisis de la varianza ($p < 0,05$). Área foliar. Campaña 2012/2013. LCP 85-384				b- Análisis de la varianza ($p < 0,05$). Área foliar. Campaña 2012/2013. NA 85-1602			
Tratamiento	Enero	Febrero	Marzo	Tratamiento	Enero	Febrero	Marzo
Riego	A	A	A	Riego	A	A	A
Sin riego en enero	A	A	A	Sin riego en enero	A	A	A
Sin riego en febrero	A	A	A	Sin riego en febrero	A	A	A
Sin riego en enero-febrero	A	A	A	Sin riego en enero-febrero	A	A	A
Secano	A	A	A	Secano	A	A	A

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

En la variedad LCP 85-384, sometida al tratamiento “Sin Riego en enero”, durante el mes de enero, la restricción hídrica condicionó el AF final de dicho tratamiento. Los porcentajes de reducción respecto al tratamiento “Riego durante todo el ciclo” fueron de 6,2% en enero y 15,6% en marzo (Tabla 2.19c). Este efecto no se vio reflejado en la variedad NA 85-1602 (sometida al mismo tratamiento), en la cual, incluso, se registraron mayores valores de AF durante los tres meses respecto a los observados en el tratamiento “Riego durante todo el ciclo”. Estos oscilaron en el orden del 16,8%, 24,7% y del 2,7% para los meses de enero, febrero y marzo (Tabla 2.19d).

Tabla 2.19c – Porcentajes de Reducción del Área Foliar respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad LCP 85-384 y para cada tratamiento. Campaña 2012/2013.

Porcentaje de Reducción del Área foliar respecto del tratamiento "Riego durante todo el ciclo". LCP 85-384. 2012/2013		
Tratamiento	Meses	Porcentaje de reducción
Sin/Ene	ENERO	6,2
	FEBRERO	* -0,6
	MARZO	15,6
Sin/Feb	ENERO	2,1
	FEBRERO	13,6
	MARZO	15,8
Sin/Ene-Feb	ENERO	19,6
	FEBRERO	18,9
	MARZO	23,0
Secano	ENERO	17,4
	FEBRERO	22,6
	MARZO	23,5

* Los valores negativos (en color rojo) corresponden a incrementos en el PMEST respecto a lo observado en el tratamiento “Riego durante todo el ciclo”.

Tabla 2.19d – Porcentajes de Reducción del Área Foliar respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad NA 85-1602 y para cada tratamiento. Campaña 2012/2013.

Porcentaje de Reducción del Área foliar respecto del tratamiento "Riego durante todo el ciclo". NA 85-1602. 2012/2013		
Tratamiento	Meses	Porcentaje de reducción
Sin/Ene	ENERO	* -16,9
	FEBRERO	* -24,7
	MARZO	* -2,7
Sin/Feb	ENERO	* -8,6
	FEBRERO	* -1,1
	MARZO	7,1
Sin/Ene-Feb	ENERO	* -3,5
	FEBRERO	16,2
	MARZO	13,5
Secano	ENERO	* -0,5
	FEBRERO	16,0
	MARZO	18,9

* Los valores negativos (en color rojo) corresponden a incrementos en el PMEST respecto a lo observado en el tratamiento “Riego durante todo el ciclo”.

Puede verse diferencias cuando el suministro de riego se vio restringido durante el mes de febrero, donde la variedad LCP 85-384 experimentó un detrimento del AF del orden del 13,6% durante el mismo mes respecto al tratamiento “Riego”. Esto, posteriormente condicionó el AF producida durante el mes de marzo (una reducción 15,8% respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”) (Tabla 2.19c). En cambio, la variedad NA 85-1602, expuesta a este mismo tratamiento, redujo en menor medida su AF observada en el mes de marzo respecto al tratamiento “Riego”. Esta reducción fue del 7% (Tabla 2.19d).

Si comparamos ahora los tratamientos “Sin riego en enero” y “Sin riego en febrero” para la variedad LCP 85-384 se puede observar que el efecto de una limitación en el

suministro de riego durante el mes de febrero tuvo una mayor implicancia en el AF durante el mismo mes (reducción del 14,2% respecto de lo observado en el tratamiento “Sin riego en enero”). Luego de finalizado el período de restricción del riego, el cultivo se repuso y alcanzó niveles de AF semejantes al del tratamiento “Sin Riego en enero” (Fig. 2.12).

Confrontando los mismos tratamientos pero para la variedad NA 85-1602 se puede ver que un estrés hídrico durante el mes de febrero produjo una mayor reducción del AF que en el tratamiento en el cual fue sometido el cultivo a una restricción del riego durante el mes de enero. Estas diferencias alcanzaron los valores del 18% y del 9,5% de reducción del AF censada para los meses de febrero y marzo, respectivamente (Fig. 2.12).

LCP 85-384 sometida al tratamiento “Sin riego en enero y febrero” redujo su AF en 19,6%, 18,9% y 23%, para los meses de enero, febrero y marzo, respectivamente (Tabla 2.19c) y NA 85-1602 fueron del 16,2% para el mes de febrero y del 13,5% para el mes de marzo. En esta última variedad se observó un incremento del AF del 3,5%, respecto al tratamiento donde no hubo restricciones hídricas (Tabla 2.19d).

Una respuesta similar se vio para el tratamiento de “Secano”, en la variedad LCP 85-384, las mermas fueron del 17,4% (enero), 22,6% (febrero) y del 23,5% (marzo) (Tabla 2.19c). En cambio, en la variedad NA 85-1602 estos valores oscilaron en el 16% para el mes de febrero y 18,9% para marzo, respecto a lo evaluado en el tratamiento “Riego”. Durante el mes de enero, el área foliar no varió respecto del tratamiento sin restricciones hídricas (Tabla 2.19d). Esto puede estar relacionado con que durante ese período el cultivo fue beneficiado por las precipitaciones ocurridas en ese mes (Tabla 2.3).

2.4.7 Partición de Asimilados respecto de la OHTA

Respecto a la partición de asimilados a hojas y tallos de acuerdo con la influencia de la OHTA en cada tratamiento planteado, para la primera campaña (Fig. 2.13a) y durante el transcurso del mes de enero se observó que, en primer lugar, el tratamiento “Riego” para la variedad LCP 85-384 fue el que mayor materia seca total produjo (3,21 kg/metro lineal). A su vez, este cultivo destinó un 42,6% a la producción de hojas y un 57,4% a la producción de tallos. Para el caso del tratamiento “Sin riego en enero”, la producción de materia seca total disminuyó en un 14,4% respecto del tratamiento “Riego”. El cultivo presentó un 45,6% en producción de hojas y el 54,4% restante en producción de tallos (Fig. 2.13a). Si comparamos con el tratamiento “Riego” la materia seca de hojas disminuyó en un 8,3% y el de tallos en un 18,9% (Tabla 2.22a).

(a) Partición de asimilados para el mes de Enero 2012. Materia Seca de Tallos y Hojas (Kg m lineal⁻¹).**Figura 2.13a** - Evolución de la Partición de Asimilados en las variedades LCP 85-384 y NA 85-1602, para el mes de Enero de la primera campaña.**Tabla 2.22a** – Porcentajes de Reducción de “MST”, “MSTa” y “MSH” respecto del tratamiento de “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad LCP 85-384 y para cada tratamiento. Enero 2012.

a- Porcentaje de Reducción de MST, MSTa y MSH respecto del tratamiento "Riego durante todo el ciclo". LCP 85-384. Enero 2012.		
Tratamiento	Materia Seca	Porcentaje de reducción
Sin/Ene	MST	14,4
	MSTa	18,9
	MSH	8,3
Sin/Febr	MST	4,7
	MSTa	10,0
	MSH	* -2,6
Sin/Ene-Feb	MST	13,4
	MSTa	25,2
	MSH	* -2,5
Secano	MST	45,8
	MSTa	63,6
	MSH	21,9

* Los valores negativos (en color rojo) corresponden a incrementos en el PMEST respecto a lo observado en el tratamiento “Riego durante todo el ciclo”.

Para el caso en el cual se restringió el riego durante el mes de febrero, el porcentaje de reducción respecto al tratamiento “Riego” fue el menor observado ya que este tratamiento, en el momento de observación, no había sufrido aún la restricción hídrica correspondiente. De todos modos, arrojó una pequeña merma del 4,7% en la producción de materia seca total, un 10% de reducción en la materia seca de tallos, pero experimentó un aumento del 2,6% en hojas (Tabla 2.22a). En este caso el cultivo asignó un 45,8% de su materia seca total a la producción de hojas y un 54,2% a la producción de materia seca de tallos (Fig. 2.13a).

En el tratamiento “Sin riego en enero y febrero” se percibió una merma del 13,4% en la materia seca total, lo que se tradujo en una reducción del 25,2% de la materia seca de tallos, más un aumento en la materia seca de hojas del orden del 2,5% respecto al tratamiento sin restricción hídrica (Tabla 2.22a). En este tratamiento, la caña de azúcar,

destinó un 50,4% a la producción de hojas y un 49,6% a la producción de materia seca de tallo (Fig. 2.13a).

En el tratamiento de “Secano” la variedad LCP 85-384, durante el mes de enero del primer año de ensayos, presentó una disminución porcentual en la materia seca total del 45,8%, de tallos un 63,6% y un 21,9% en materia seca de hojas, respecto del tratamiento “Riego” (Tabla 2.22a). Aquí la materia seca total producida se distribuyó en un 61,4% a materia seca de hojas y un 38,6% a la de tallo (Fig. 2.13a).

En el segundo año (Fig. 2.13b), para el mes de enero, en el tratamiento “Riego” la variedad LCP 85-384 registró una materia seca total de 2,55 kg/metro lineal, de los cuales el 42,4% (1,08 kg/metro lineal) correspondió a la materia seca de hojas y el 57,6% a la de tallos. Considerando estos valores como cien por ciento se percibió que en esta variedad bajo el tratamiento “Sin riego en enero”, las mermas producidas fueron del 24,2% para la materia seca total, del 33,9% de tallos y del 11,6% de hojas, respecto al tratamiento “Riego” (Tabla 2.22b). En este caso, del total de materia seca producida el 49,5% fue asignado a la producción de hojas y el 50,3% a la de tallos (Fig. 2.13b).

(b) Partición de asimilados para el mes de Enero 2013. Materia Seca de Tallos y Hojas (Kg m lineal⁻¹).



Figura 2.13b - Evolución de la Partición de Asimilados en las variedades LCP 85-384 y NA 85-1602, para el mes de enero de la segunda campaña.

Tabla 2.22b – Porcentajes de Reducción de “MST”, “MSTa” y “MSH” respecto del tratamiento de “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad LCP 85-384 y para cada tratamiento. Enero 2013.

Porcentaje de Reducción de MST, MSTa y MSH respecto del tratamiento "Riego durante todo el ciclo". LCP 85-384. Enero 2013.		
Tratamiento	Materia Seca	Porcentaje de reducción
Sin/Ene	MST	24,2
	MSTa	33,9
	MSH	11,6
Sin/feb	MST	7,8
	MSTa	5,1
	MSH	11,2
Sin/Ene-Feb	MST	20,8
	MSTa	20,4
	MSH	21,2
Secano	MST	30,0
	MSTa	39,6
	MSH	17,1

En la situación restrictiva para el mes de febrero, como en la primera campaña, las reducciones en la producción de materia seca fueron mínimas respecto al tratamiento de “Riego”. La materia seca total examinada distó en un 7,8%, la de tallos un 5,1% y la de hojas un 11,2% (Tabla 2.22b). En cuanto a la distribución de la materia seca total, en este tratamiento, fue del 40,8% para hojas y del 59,3% para tallos (Fig. 2.13b).

Para el caso del tratamiento “Sin riego en enero y febrero”, la producción de materia seca total disminuyó en un 20,8%. Esta disminución se tradujo en una reducción del 20,4% en la de tallos y 21,2% en la de hojas respecto a lo observado en el tratamiento “Riego” (Tabla 2.22b). Y la distribución de la materia seca total en el cultivo, en este caso, fue del 42,2% para la materia seca de hojas y del 57,8% para la de tallos (Fig. 2.13b).

En “Secano” se observaron las mermas más considerables respecto al tratamiento “Riego”. En este caso la disminución de la materia seca total fue del 30% y un 39,6% en tallos y 17,1% de hojas (Tabla 2.22b). El cultivo se mostró con un 50,3% de la materia seca total destinada a hojas y un 49,7% a la producción de tallos (Fig. 2.13b).

Ahora, para la variedad NA 85-1602, en la primera campaña (Fig. 2.13a), y para el mes de enero, el tratamiento “Riego” registró una materia seca total de 3,06 kg/metro lineal, de la cual se desglosa en 1,81 kg/metro lineal de materia seca de tallos y 1,25 kg/metro lineal correspondiente a la de hojas. Esto representa un 40,8% de la materia seca total asignado a hojas y un 59,1% a tallos.

Según estos datos registrados para el tratamiento “Riego”, comparándolo con el tratamiento “Sin riego en enero”, el mismo sufrió una disminución del 41,7% de su materia seca total. Esta merma se derivó en una reducción del 59,2% de materia seca de tallos y un 16,3% para la de hojas (Tabla 2.22c). En el cultivo, la materia seca total se distribuyó en un 58,6% en lo que respecta a materia seca de hojas y en un 41,4% a tallos (Fig. 2.13a).

Tabla 2.22c – Porcentajes de Reducción de “MST”, “MSTa” y “MSH” respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad NA 85-1602 y para cada tratamiento. Enero 2012.

Porcentaje de Reducción de MST, MSTa y MSH respecto del tratamiento "Riego durante todo el ciclo". NA 85-1602. Enero 2012.		
Tratamiento	Materia Seca	Porcentaje de reducción
Sin/Ene	MST	41,7
	MSTa	59,2
	MSH	16,3
Sin/Feb	MST	17,2
	MSTa	31,2
	MSH	* -3,2
Sin/Ene-Feb	MST	47,9
	MSTa	69,2
	MSH	17,1
Secano	MST	68,2
	MSTa	87,5
	MSH	40,1

* Los valores negativos (en color rojo) corresponden a incrementos en el PMEST respecto a lo observado en el tratamiento “Riego durante todo el ciclo”.

Para el tratamiento “Sin riego en febrero”, la disminución de la materia seca total fue del 17,2% respecto del tratamiento “Riego” y de un 31,2% para la de tallo. En este caso, se registró un aumento del orden del 3,2% para la materia seca de hojas, respecto a lo observado en el tratamiento “Riego” (Tabla 2.22c). Bajo esta situación hídrica, el cultivo, destinó un 50,9% de su materia seca total a la producción de hojas y un 49,2% a la producción de tallos (Fig. 2.13a).

Cuando la restricción fue realizada durante los meses de enero y febrero, la materia seca total se redujo en un 47,9%, la de tallos en un 69,2% y la de hojas en un 17,1% respecto del tratamiento “Riego” (Tabla 2.22c). Para esta situación, esta variedad, destinó un 65% a la producción de hojas y un 34,9% a la producción de tallos (Fig. 2.13a).

Cuando la restricción hídrica fue máxima (situación de “Secano”) la materia seca total distó en un 68,2%, la de tallos en un 87,5% y la de hojas en un 40,1% respecto de la producida en el tratamiento “Riego” (Tabla 2.22c). Del total de la materia seca producida por el cultivo bajo este tratamiento un 76,8% correspondió a hojas y el 23,2% restante a tallos (Fig. 2.13a).

En el segundo año de análisis (Fig. 2.13b), durante el mes de enero, NA 85-1602 bajo el tratamiento “Riego” registró 1,82 kg/metro lineal de materia seca total, de los cuales 0,88 kg/metro lineal corresponden a materia seca de tallos y 0,94 kg/metro lineal a la de hojas. En este tratamiento la distribución de la materia seca total fue del 51,6% de hojas y del 48,3% de tallos.

Los resultados de los demás tratamientos no variaron mucho respecto a este último. Así, el tratamiento “Sin riego en enero” acusó una disminución del 9,8% en cuanto a materia seca total se refiere, y un 20,6% a la materia seca de tallos. En cambio, la materia seca de hojas manifestó un leve incremento del 0,3% respecto al tratamiento de referencia (Tabla 2.22d). Bajo esta situación el cultivo distribuyó un 57,4% de su materia seca total en la producción de hojas y un 42,4% en la producción de tallos (Fig. 2.13b).

Tabla 2.22d – Porcentajes de Reducción de “MST”, “MSTa” y “MSH” respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad NA 85-1602 y para cada tratamiento. Enero 2013.

Porcentaje de Reducción de MST, MSTa y MSH respecto del tratamiento "Riego durante todo el ciclo". NA 85-1602. Enero 2013.		
Tratamiento	Materia Seca	Porcentaje de reducción
Sin/Ene	MST	9,8
	MSTa	20,6
	MSH	* -0,3
Sin/Feb	MST	17,7
	MSTa	23,5
	MSH	12,4
Sin/Ene-Feb	MST	14,7
	MSTa	27,0
	MSH	3,2
Secano	MST	14,6
	MSTa	13,6
	MSH	15,5

* Los valores negativos (en color rojo) corresponden a incrementos en el PMEST respecto a lo observado en el tratamiento “Riego durante todo el ciclo”.

En el tratamiento “Sin riego en febrero” la materia seca total producida difirió en un 17,7%, la de tallos en un 23,5% y la de hojas en un 12,4% (Tabla 2.22d). Este caso fue el que mayor diferencia demostró respecto al tratamiento “Riego”. Dentro del cultivo se observó que el 55% de la materia seca producida fue dada por la materia seca de hojas y el 45% por la de tallos (Fig. 2.13b).

Esta variedad, NA 85-1602, sometida al tratamiento “Sin riego en enero y febrero”, produjo un 14,7% menos de materia seca total, un 27% menos de materia seca de tallos y una reducción del 3,2% de tallos, respecto al tratamiento “Riego” (Tabla 2.22d). En este caso, la partición de la materia seca total fue la siguiente: 58,6% en materia seca de hojas y un 41,4% en materia seca de tallos (Fig. 2.13b).

Y para el caso del tratamiento de “Secano” se observó una merma del 14,6% de la materia seca total registrada respecto a la del tratamiento de referencia y reducciones del 13,6% y del 15,5% para las variables materia seca de tallos y materia seca de hojas, respectivamente (Tabla 2.22d). Este cultivo presentó el 51,1% de la materia seca total en la producción de hojas y el 48,9% en la producción de tallos (Fig. 2.13b).

En ambas campañas, en el mes de enero y en ambas variedades (Fig. 2.13a y 2.13b), el cultivo ante los distintos tratamientos de restricción hídrica, redujo en mayor medida la materia seca de tallos respecto a la observada en el tratamiento "Riego". Estos valores de reducción se acrecentaban a medida que la restricción fue más severa (exceptuando lo ocurrido en el tratamiento "Secano", para la variedad NA 85-1602, durante la segunda campaña de ensayos). Además se observó que a medida que la restricción aumentaba la distribución de la materia seca total tendía a ser superior hacia las hojas, siendo este efecto más importante en la variedad NA 85-1602.

Durante el mes de enero el déficit hídrico, en promedio para las dos campañas, alcanzó 49,2% (calculado de acuerdo con el déficit hídrico promedio de ambas campañas para el mes de enero y a la necesidad teóricas del cultivo para dicho mes (Tabla 2.3)), mientras que la reducción de la materia seca total en la variedad LCP 85-384 resultó en un 18,7% en el tratamiento “Sin riego en enero” respecto de lo observado para el tratamiento “Riego”. Esta reducción aún fue mayor en la variedad NA 85-1602, la cual, bajo las mismas condiciones, durante el mes de enero, mermó en un 29,8% respecto a la

condición de riego. Estos datos concuerdan con Singels *et al.* (2000), quien observó que la acumulación de biomasa sólo se vio afectada por la escasez de agua después de que el contenido relativo de agua del suelo se redujo por debajo del 35% del ADT.

Durante el mes de febrero, en la primera campaña (Fig. 2.13c), la variedad LCP 85-384 bajo el tratamiento “Riego” tuvo la mayor materia seca total medida, la cual alcanzó 5,54 kg/metro lineal. Esta se tradujo, a su vez, en la mayor materia seca de tallos, 3,67 kg/metro lineal, y, en la mayor materia seca de hojas: 1,88 kg/metro lineal. Es decir, el cultivo presentó en ese momento un 33,8% de su materia seca total en hojas y un 66,2% en materia seca de tallos.

(c) Partición de asimilados para el mes de Febrero 2012. Materia Seca de Tallos y Hojas (Kg m lineal⁻¹).

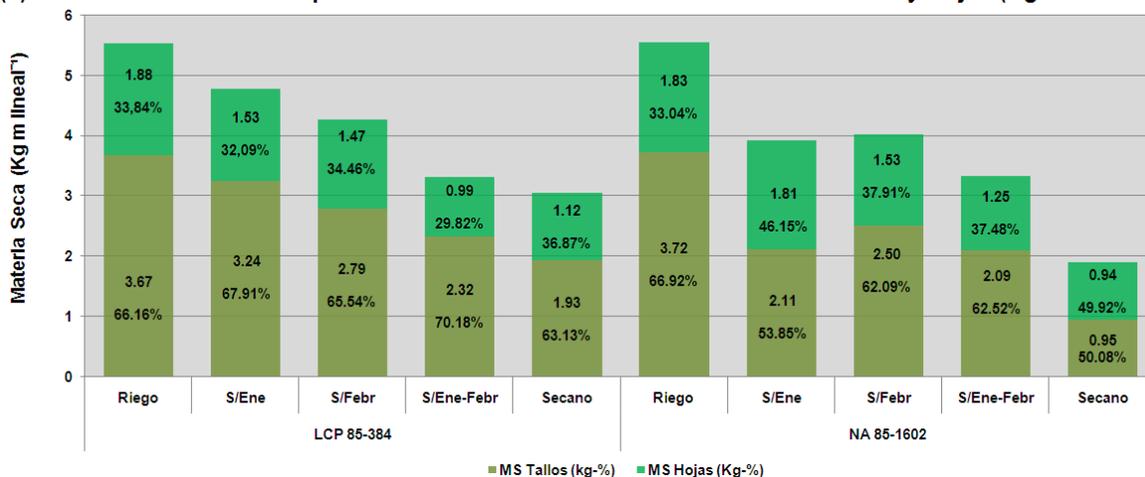


Figura 2.13c - Evolución de la Partición de Asimilados en las variedades LCP 85-384 y NA 85-1602, para el mes de Febrero de la primera campaña.

Esta variedad, sometida al tratamiento “Sin riego en enero” acusó disminuciones del 13,9% en materia seca total, un 11,6% en tallos y un 18,4% en hojas, respecto del tratamiento anteriormente descrito (Tabla 2.22d). En este caso el cultivo presentó un 32,1% de su materia seca total referida en hojas y el 67,9% en tallos (Fig. 2.13c).

Tabla 2.22e – Porcentajes de Reducción de “MST”, “MSTa” y “MSH” respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad LCP 85-384 y para cada tratamiento. Febrero 2012.

Porcentaje de Reducción de MST, MSTa y MSH respecto del tratamiento "Riego durante todo el ciclo". LCP 85-384. Febrero 2012.		
Tratamiento	Materia Seca	Porcentaje de reducción
Sin/Ene	MST	13,9
	MSTa	11,6
	MSH	18,4
Sin/Febr	MST	23,1
	MSTa	23,9
	MSH	21,7
Sin/Ene-Febr	MST	40,3
	MSTa	36,6
	MSH	47,4
Secano	MST	45,0
	MSTa	47,5
	MSH	40,1

Para el tratamiento “Sin riego en febrero”, las reducciones respecto al tratamiento “Riego” fueron las siguientes: 23,1% de la materia seca total, 23,9% de lo que refiere a tallos y un 21,7% de la materia seca de hojas (Tabla 2.22e). En este caso el cultivo destinó un 65,5% de su materia seca total a la producción de tallos y un 34,5% a la producción de hojas (2.13c).

Cuando la variedad fue expuesta al tratamiento “Sin riego en enero y febrero”, las mermas respecto al tratamiento sin restricciones hídricas fueron mayores a los casos anteriores. La materia seca total experimentó una disminución del 40,3%, la de tallos un 36,6% y la de hojas un 47,4% (Tabla 2.22e). Bajo esta situación el cultivo asignó sólo un 29,8% para la producción de hojas y un 70,2% para la producción de tallos, del total de su materia seca (Fig. 2.13c).

Pero las máximas reducciones observadas, respecto del tratamiento “Riego”, ocurrieron en el tratamiento de “Secano”. Las mismas fueron del 45% en la materia seca total, del 47,5% de lo observado en tallos y un 40,1% en lo que refiere a materia seca de hojas (Tabla 2.22e). Aquí el cultivo destinó un 63,1% de su materia seca total a la producción de tallos y un 36,9% a la producción de hojas (Fig. 2.13c).

En el segundo año de ensayos (Fig. 2.13d), durante el mes de febrero, la variedad LCP 85-384, sin restricciones hídricas, obtuvo 4,68 kg/metro lineal de materia seca total, 3,29 kg/metro lineal de materia seca de tallos y 1,39 kg/metro lineal de materia seca de hojas. De acuerdo con lo observado durante la campaña anterior, en la presente se observó una reducción del 15,1% en la materia seca total, un 10,4% en materia seca de tallos y un 26,1% en hojas. El cultivo, durante la segunda campaña distribuyó un 29,7% de su materia seca total en la producción de hojas y un 70,3% en la de tallos.

(d) Partición de asimilados para el mes de Febrero 2013. Materia Seca de Tallos y Hojas (Kg m lineal⁻¹).

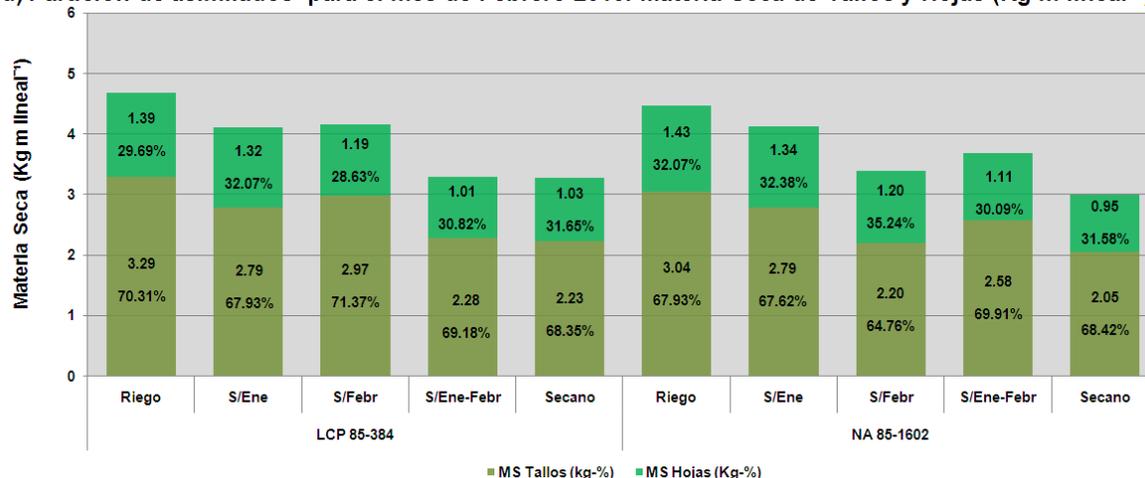


Figura 2.13d - Evolución de la Partición de Asimilados en las variedades LCP 85-384 y NA 85-1602, para el mes de Febrero de la segunda campaña.

El tratamiento “Sin riego en enero” acusó una reducción del 12,3% en lo que refiere a materia seca total, respecto al tratamiento de riego. También se observaron reducciones en la de tallos y en la de hojas. Éstas alcanzaron los 15,3% y 5,3%, respectivamente (Tabla 2.22f). En este caso la partición de la materia seca total fue del 32,1% para hojas y del 67,9% para tallos (Fig. 2.13d).

Tabla 2.22f – Porcentajes de Reducción de “MST”, “MSTa” y “MSH” respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad LCP 85-384 y para cada tratamiento. Febrero 2013.

Porcentaje de Reducción de MST, MSTa y MSH respecto del tratamiento "Riego durante todo el ciclo". LCP 85-384. Febrero 2013.		
Tratamiento	Materia Seca	Porcentaje de reducción
Sin/Ene	MST	12,3
	MSTa	15,3
	MSH	5,3
Sin/Feb	MST	11,0
	MSTa	9,7
	MSH	14,2
Sin/Ene-Feb	MST	29,7
	MSTa	30,8
	MSH	27,0
Secano	MST	30,2
	MSTa	32,1
	MSH	25,5

Para el caso del tratamiento “Sin riego en febrero”, el cultivo experimentó una reducción del 11%, 9,7% y 14,2% referido a materia seca total, de tallos y hojas, respectivamente y referente al tratamiento “Riego” (Tabla 2.22f). Este cultivo distribuyó su materia seca total de la siguiente manera: 28,6% en materia seca de hojas y un 71,4% en materia seca de tallos (Fig. 2.13d).

Tras una restricción hídrica durante los meses de enero y febrero la reducción en la materia seca fue del 29,7%, en cuanto al total, un 30,8% en lo que refiere a tallos y un 27% en materia seca de hojas, respecto al tratamiento “Riego” (Tabla 2.22f). El cultivo presentó la siguiente distribución de su materia seca total: 69,2% en la producción de tallos y el 30,8% en la producción de hojas (Fig. 2.13d).

El tratamiento “Secano” fue el que acusó la mayor merma en cuanto a materia seca total (30,2%), y a materia seca de tallos (32,1%) respecto del tratamiento sin restricciones hídricas. Su materia seca de hojas disminuyó un 25,5%, es decir, apenas un 2% por encima del valor registrado en el tratamiento “Sin riego en enero y febrero” (Tabla 2.22f). En esta situación de secano el cultivo asignó un 68,3% de su materia seca total en la producción de tallos y un 31,6% en la de hojas (Fig. 2.13d).

En la variedad NA 85-1602, para el mes de febrero y durante la primera campaña (Fig. 2.13c), en el tratamiento de “Riego” se obtuvo 5,55 kg/metro lineal de materia seca total, de la cual correspondieron 3,72 kg/metro lineal a la materia seca de tallos y 1,83 kg para la materia seca de hojas. Esto significó en el cultivo un 33% de la materia seca total destinada a hojas y un 67% destinada a tallos.

Según estos datos, el tratamiento “Sin riego en enero” acusó una merma del 29,5% de su materia seca total, un 43,3% la de tallos y un 1,5% de la materia seca de hojas, respecto al tratamiento de “Riego” (Tabla 2.22g). En este caso, la distribución de la materia seca total fue del 53,8% para la materia seca de tallos y del 46,1% para la de hojas (Fig. 2.13c).

Tabla 2.22g – Porcentajes de Reducción de “MST”, “MSTa” y “MSH” respecto del tratamiento de “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad NA 85-1602 y para cada tratamiento. Febrero 2012.

Porcentaje de Reducción de MST, MSTa y MSH respecto del tratamiento "Riego durante todo el ciclo". NA 85-1602. Febrero 2012.		
Tratamiento	Materia Seca	Porcentaje de reducción
Sin/Ene	MST	29,5
	MSTa	43,3
	MSH	1,5
Sin/Feb	MST	27,5
	MSTa	32,8
	MSH	16,8
Sin/Ene-Feb	MST	39,9
	MSTa	43,9
	MSH	31,8
Secano	MST	65,9
	MSTa	74,5
	MSH	48,5

En el tratamiento “Sin riego en febrero” las reducciones respecto al tratamiento “Riego” fueron las siguientes: 27,5% materia seca total, 32,8% tallos y 16,8% hojas (Tabla 2.22g). La asignación del total de materia seca producida fue del 62,1% para la materia seca de tallos y del 37,9% para la de hojas (Fig. 2.13c).

Cuando el cultivo se vio con déficit hídrico durante los meses de enero y febrero experimentó una disminución del 39,9% de su materia seca total y, un 43,9% y 31,8% en reducción de materia seca de tallos y de hojas, respecto del tratamiento de “Riego durante todo el ciclo” (Tabla 2.22g). En este caso, del total de materia seca producida, un 37,5% fue destinado a hojas y el 62,5% a tallos (Fig. 2.13c).

Y cuando el suministro de riego fue nulo las diferencias respecto al tratamiento de riego fueron muy significativas. Tanto es así que su materia seca total se redujo en un 65,9%, su materia seca de tallos en un 74,5% y la de hojas en un 48,5% (Tabla 2.22g). Bajo esta situación el cultivo presentó un 50,1% de su materia seca total en tallos y el restante 49,9% en hojas (Fig. 2.13c).

En el segundo año de análisis (Fig. 2.13d), para el mismo mes y para el tratamiento “Riego” los valores fueron menores a los observados durante la primera campaña. Es así que la materia seca total registrada fue de 4,47 kg/metro lineal, tallos 3,04 kg/metro lineal y hojas 1,43 kg/metro lineal. Del cien por ciento de la materia seca total producida el 67,9% fue referido a tallos y el 32,1% a hojas.

De acuerdo con estos valores y haciendo una comparación con los valores obtenidos en el tratamiento “Sin riego en enero” se puede apreciar que la materia seca total disminuyó en un 7,7%, tallos un 8,2% y hojas un 6,8% (Tabla 2.22h). Además, en este caso, el 67,6% de la materia seca total fue destinado a la producción de tallos y el 32,4% a la de hojas (Fig. 2.13d).

Tabla 2.22h – Porcentajes de Reducción de “MST”, “MSTa” y “MSH” respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad NA 85-1602 y para cada tratamiento. Febrero 2013.

Porcentaje de Reducción de MST, MSTa y MSH respecto del tratamiento "Riego durante todo el ciclo". NA 85-1602. Febrero 2013.		
Tratamiento	Materia Seca	Porcentaje de reducción
Sin/Ene	MST	7,7
	MSTa	8,2
	MSH	6,8
Sin/Feb	MST	24,2
	MSTa	27,7
	MSH	16,7
Sin/Ene-Feb	MST	17,6
	MSTa	15,2
	MSH	22,7
Secano	MST	32,9
	MSTa	32,4
	MSH	33,9

En el tratamiento “Sin riego en febrero” esta variedad experimentó una merma del 24,2% en su materia seca total, un 27,7% en lo que respecta a materia seca de tallos y un 16,7% en la de hojas, respecto al tratamiento sin restricciones hídricas (Tabla 2.22h). Bajo este tratamiento el cultivo asignó el 64,7% de su materia seca total a la materia seca de tallos y un 35,3% a la de hojas (Fig. 2.13d).

Para el caso del tratamiento “Sin riego en enero y febrero” la disminución en materia seca total, materia seca de tallos y de hojas fueron del 17,6%, del 15,2% y del 22,7%, respectivamente (Tabla 2.22h). Y su materia seca total fue distribuida en un 69,9% en la producción de tallos y un 30,1% en la de hojas (Fig. 2.13d).

Finalmente, para el tratamiento “Secano” las reducciones fueron las mayores observadas respecto al tratamiento “Riego”. Las mermas fueron del 32,9% para la materia seca total, 32,4% para la materia seca de tallos y del 33,9% para la materia seca de hojas (Tabla 2.22h). Del total de materia seca producida en este tratamiento el 68,4% fue destinado a tallos y el 31,6% a hojas (Fig. 2.13d).

Durante el mes de febrero el déficit hídrico, en promedio en las dos campañas, alcanzó el 69,9% (calculado de acuerdo con el déficit hídrico promedio de ambas campañas para el mes de enero y con la necesidad del cultivo para dicho mes (Tabla 2.3)) y la reducción de la materia seca total en la variedad LCP 85-384 resultó del 17,6% en el tratamiento “Sin riego en enero” respecto de lo observado para el tratamiento “Riego”. Esta reducción fue aún mayor en la variedad NA 85-1602, la cual, bajo las mismas condiciones, durante el mes de enero mermó en un 26% respecto a la condición de riego.

Si comparamos ahora lo ocurrido durante los meses de enero y febrero en cuanto a la partición de la materia seca total dentro de la planta, se puede observar que durante el mes de enero en LCP 85-384, en promedio, la distribución fue casi equitativa entre tallos y hojas (47% para la producción de hojas). Esta distribución fue mayor en las hojas cuando las restricciones hídricas fueron más severas. Lo mismo fue detectado para la variedad NA 85-1602, en la cual, en promedio, para ambas campañas, la partición de la materia seca total fue levemente superior en las hojas (56,6% de la materia seca total). Además se notó el mismo efecto que lo observado en su par LCP 85-384, donde la distribución hacia las hojas fue más acentuada a medida que la restricción hídrica fue mayor.

En el mes de febrero ambas variedades y en ambas campañas distribuyeron su materia seca total en mayor proporción hacia los tallos. LCP 85-384 destinó un 68,1% y 63,4% en NA 85-1602. En este sentido no hubo una tendencia marcada de acuerdo con los tratamientos a los cuales eran sometidos cada variedad, pero sí lo hubo en cuanto a la cantidad de materia seca producida en cada tratamiento planteado.

Durante el mes de marzo, cuando el riego no fue restringido (exceptuando el tratamiento de “Secano”), los cultivos reaccionaron en forma diferente de acuerdo con su historial hídrico.

En el caso del tratamiento “Riego”, durante la primera campaña (Fig. 2.13e), la variedad LCP 85-384 obtuvo un total de 7,31 kg/metro lineal de materia seca total que se distribuyó en 5,12 kg/metro lineal de materia seca de tallos y en 2,2 kg/metro lineal. Es decir que un 69,9% de la materia seca total fue asignada a tallos y el 30% a hojas.

(e) Partición de asimilados para el mes de Marzo 2012. Materia Seca de Tallos y Hojas (Kg m lineal⁻¹).

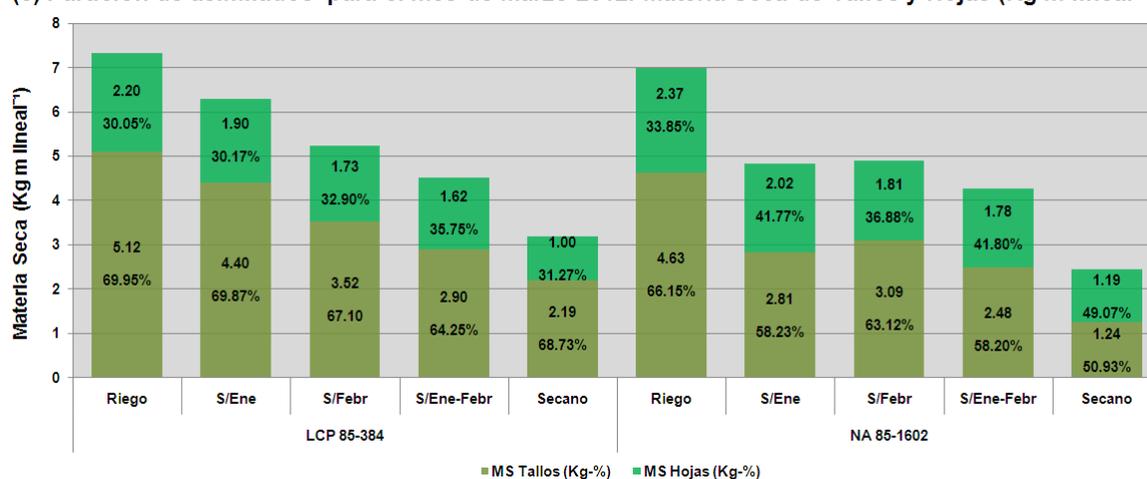


Figura 2.13e - Evolución de la Partición de Asimilados en las variedades LCP 85-384 y NA 85-1602, para el mes de marzo de la primera campaña.

De acuerdo con estos valores y a modo de comparación, el tratamiento “Sin riego en enero” registró una merma del 13,8% de la materia seca total, un 14% de la materia seca de tallos y un 13,5% la de hojas, respecto al tratamiento “Riego” (Tabla 2.22i). En este caso, del total de materia seca producida, el 69,9% fue distribuido a tallos y el 30,2% restante a la producción de hojas (Fig. 2.13e).

Tabla 2.22i – Porcentajes de Reducción de “MST”, “MSTa” y “MSH” respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad LCP 85-384 y para cada tratamiento. Marzo 2012.

Porcentaje de Reducción de MST, MSTa y MSH respecto del tratamiento "Riego durante todo el ciclo". LCP 85-384. Marzo 2012.		
Tratamiento	Materia Seca	Porcentaje de reducción
Sin/Ene	MST	13,8
	MSTa	14,0
	MSH	13,5
Sin/Feb	MST	28,2
	MSTa	31,2
	MSH	21,4
Sin/Ene-Feb	MST	38,2
	MSTa	43,3
	MSH	26,5
Secano	MST	56,4
	MSTa	57,2
	MSH	54,7

Para el tratamiento “Sin riego en febrero”, las diferencias obtenidas en cuanto a materia seca total, de tallos y de hojas fueron del 28,2%, del 31,2% y del 21,4% respecto a lo observado en el tratamiento “Riego” (Tabla 2.22i). En este caso el cultivo dosificó un 67,1% de su materia seca total hacia tallos y el 32,9% restante hacia hojas (Fig. 2.13e).

En cambio, según lo registrado en el tratamiento “Sin riego en enero y febrero” las pérdidas en cuanto a materia seca total se refiere fueron del orden del 38,2% para materia seca total, un 43,3% para materia seca de tallos y del 26,5% para la materia seca de hojas (Tabla 2.22i). Aquí el cultivo presentó un 64,2% de su materia seca total como materia seca de tallos y el 35,7% como materia seca de hojas (Fig. 2.13e).

Según lo registrado en el tratamiento “Secano”, éste disminuyó su materia seca total en un 56,4% respecto del tratamiento “Riego”. Esta reducción se trasladó hacia la materia seca de tallos (57,2%) y hacia la materia seca de hojas (54,7%) (Tabla 2.22i). En este caso, el cultivo asignó un 68,7% de su materia seca total a la materia seca de tallos y un 31,3% a la de hojas (Fig. 2.13e).

Los datos registrados durante la segunda campaña (Fig. 2.13f) fueron casi similares a los observados durante la primera. En este caso, la materia seca total alcanzó los 7,43 kg/metro lineal, la de tallos 5,22 kg/metro lineal y 2,21 kg/metro lineal de materia seca de hojas. Esto significa que el 70,3% de la materia seca total fue destinada a tallos y el 29,7% a hojas.

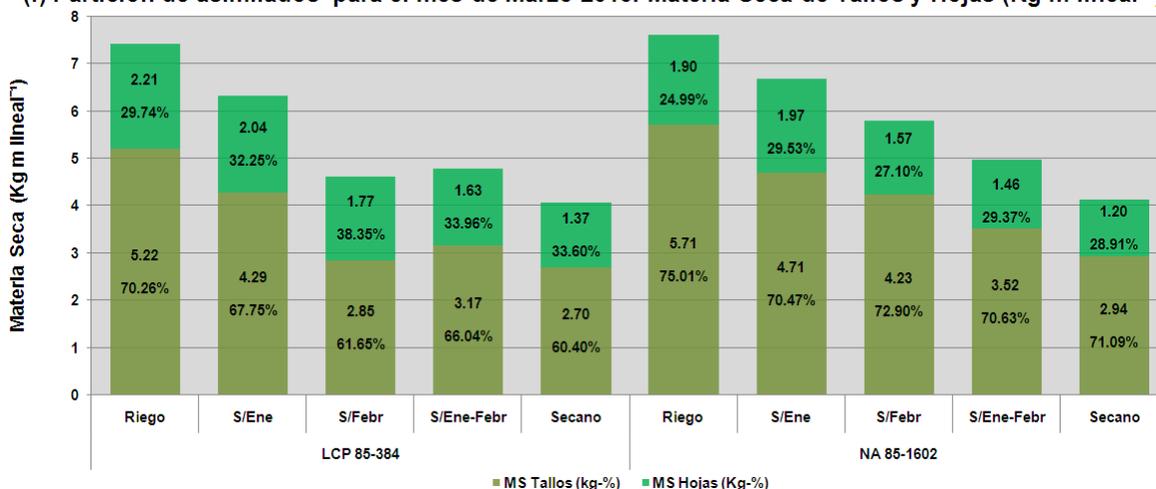
(f) Partición de asimilados para el mes de Marzo 2013. Materia Seca de Tallos y Hojas (Kg m lineal⁻¹).

Figura 2.13f - Evolución de la Partición de Asimilados en las variedades LCP 85-384 y NA 85-1602, para el mes de marzo de la segunda campaña.

En el tratamiento “Sin riego en enero” el cultivo presentó una merma del 14,8% en la materia seca total, 17,8% materia seca de tallos y del 7,6% en la materia seca de hojas, respecto del total registrado para el tratamiento “Riego” (Tabla 2.22j). En este caso, la asignación de la materia seca total fue del 67,7% para la materia seca de tallos y del 32,2% para la materia seca de hojas (Fig. 2.13f).

Tabla 2.22j – Porcentajes de Reducción de “MST”, “MSTa” y “MSH” respecto del tratamiento de “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad LCP 85-384 y para cada tratamiento. Marzo 2013.

Porcentaje de Reducción de MST, MSTa y MSH respecto del tratamiento "Riego durante todo el ciclo". LCP 85-384. Marzo 2013.		
Tratamiento	Materia Seca	Porcentaje de reducción
Sin/Ene	MST	14,8
	MSTa	17,8
	MSH	7,6
Sin/Febr	MST	37,7
	MSTa	45,4
	MSH	19,7
Sin/Ene-Febr	MST	35,4
	MSTa	39,3
	MSH	26,3
Secano	MST	45,2
	MSTa	48,2
	MSH	38,1

El cultivo que sufrió la restricción hídrica durante el mes de febrero tuvo un impacto severo en los valores de materia seca total. Esta fue del 37,7% con respecto a la obtenida en el tratamiento “Riego”. A su vez, esta disminución repercutió, en mayor medida, en la materia seca de tallos, alcanzando valores del 45,4% y, en la materia seca de hojas, la cual fue del 19,7% (Tabla 2.22j). En cuanto a la partición de la materia seca total, en este tratamiento se observó que el 61,6% fue destinado a tallos y el 38,3% a hojas (Fig. 2.13f).

Luego, el cultivo que sufrió la restricción hídrica durante los meses de enero y febrero redujo en un 35,4% su materia seca total. Así también lo hizo en su materia seca de tallos en un 39,3% y su materia seca de hojas en un 26,3% (Tabla 2.22j). El cultivo presentó, en

este caso, un 66% de la materia seca total en materia seca de tallos y un 34% en materia seca de hojas (Fig. 2.13f).

El cultivo bajo el tratamiento “Secano”, como era de esperar, registró las mayores disminuciones respecto al tratamiento “Riego”. Para los valores de materia seca total la reducción fue del 45,2%, del 48,2% para la materia seca de tallos y del 38,1% para la de hojas (Tabla 2.22j). El cultivo presentó un 60,4% del total de su materia seca en tallos y el 33,6% en materia seca de hojas (Fig. 2.13f).

NA 85-1602, durante el primer año (Fig. 2.13e), en el mes de marzo, bajo el tratamiento “Riego” obtuvo una materia seca total de 7 kg/metro lineal, la materia seca de tallos fue de 4,63 kg/metro lineal y 2,37 kg/metro lineal fue lo registrado para la materia seca de hojas. El cultivo exhibió un 66,1% de su materia seca total en tallos y el 33,8% restante en materia seca de hojas.

Comparando con lo registrado en el cultivo que sufrió el estrés hídrico durante el mes de enero, la materia seca total se redujo en un 30,9%, la de tallos en un 39,2% y la de hojas en un 14,8% (Tabla 2.22k). En este caso, el cultivo distribuyó un 58,2% de su materia seca total a tallos y un 41,8% a hojas (Fig. 2.13e).

Tabla 2.22k – Porcentajes de Reducción de “MST”, “MSTa” y “MSH” respecto del tratamiento “Riego durante todo el ciclo”, para la variedad NA 85-1602 y para cada tratamiento. Marzo 2012.

Porcentaje de Reducción de MST, MSTa y MSH respecto del tratamiento "Riego durante todo el ciclo". NA 85-1602. Marzo 2012.		
Tratamiento	Materia Seca	Porcentaje de reducción
Sin/Ene	MST	30,9
	MSTa	39,2
	MSH	14,8
Sin/Feb	MST	30,0
	MSTa	33,2
	MSH	23,7
Sin/Ene-Feb	MST	39,1
	MSTa	46,4
	MSH	24,8
Secano	MST	65,2
	MSTa	73,2
	MSH	49,6

El cultivo bajo estrés hídrico durante el mes de febrero, en la medición de marzo disminuyó un 30% en lo que refiere a materia seca total, respecto del tratamiento sin restricciones hídricas. Esta reducción fue del orden del 33,2% en tallos y del 23,7% en lo que refiere a materia seca de hojas (Tabla 2.22k). En este caso, la partición de la materia seca total en hojas fue del 36,9% y en tallos 63,1% (Fig. 2.13e).

Según lo registrado en el tratamiento “Sin riego en enero y febrero”, el cultivo experimentó una disminución del 39,1% en la materia seca total, respecto del tratamiento “Riego”. La merma en materia seca de tallos fue del 46,4% y la de hojas fue del 24,8% (Tabla 2.22k). El cultivo destinó un 58,2% de su materia seca total a tallos y un 41,8% a materia seca de hojas (Fig. 2.13e).

Comparando con la condición “Secano”, las mermas observadas en el mes de marzo fueron: 65,2% referido a la materia seca total, un 73,2% a materia seca de tallos y un 49,6% en reducción de materia seca de hojas (Tabla 2.22k). La distribución de la materia seca total, en este caso, fue del 50,9% hacia tallos y del 49,1% hacia hojas (Fig. 2.13e).

En la segunda campaña (Fig. 2.13f), para el mes de marzo, los datos vistos para el cultivo sometido al tratamiento "Riego" fueron mayores a los presentados durante el primer año. Es así que la materia seca total fue de 7,61 kg/metro lineal, la de tallos 5,71 kg/metro lineal y la de hojas de 1,9 kg/metro lineal. Esto significa que del total de la materia seca producida el 75% fue destinado a tallos y el 25% a hojas.

En comparación a este tratamiento, el cultivo que experimentó un estrés hídrico durante el mes de enero sufrió una reducción en su materia seca total del 12,1%. Esta disminución fue producto de la reducción porcentual de la materia seca de tallos, la cual alcanzó el valor del 17,4%. En cambio, la materia seca de hojas, en este caso, se incrementó en un 3,8% respecto a lo obtenido en el tratamiento "Riego" (Tabla 2.22I). Del total de la materia seca registrada para el tratamiento en cuestión, un 70,5% correspondió a la materia seca de tallos y el 29,5% a la de hojas (Fig. 2.13f).

Tabla 2.22I – Porcentajes de Reducción de "MST", "MSTa" y "MSH" respecto del tratamiento "Riego durante todo el ciclo", para la variedad NA 85-1602 y para cada tratamiento. Marzo 2013.

Porcentaje de Reducción de MST, MSTa y MSH respecto del tratamiento "Riego durante todo el ciclo". NA 85-1602. Marzo 2013.		
Tratamiento	Materia Seca	Porcentaje de reducción
Sin/Ene	MST	12,1
	MSTa	17,5
	MSH	* -3,8
Sin/Feb	MST	23,7
	MSTa	25,8
	MSH	17,3
Sin/Ene-Feb	MST	34,6
	MSTa	38,4
	MSH	23,2
Secano	MST	45,7
	MSTa	48,5
	MSH	37,2

* Los valores negativos (en color rojo) corresponden a incrementos en el PMEST respecto a lo observado en el tratamiento "Riego durante todo el ciclo".

En el caso del cultivo que fue sometido a tratamiento "Sin riego en febrero", la materia seca total sufrió una pérdida del 23,7%; la materia seca de tallos, un 25,8% y la de hojas un 17,3%, respecto del tratamiento "Riego" (Tabla 2.22I). Del total de su materia seca el 72,9% fue asignado a tallos y el 27,1% a hojas (Fig. 2.13f).

En cuanto al tratamiento "Sin riego en enero y febrero", el cultivo presentó una disminución del 34,6% respecto de la materia seca total registrada para el tratamiento "Riego". La materia seca de tallos y la de hojas, en esta oportunidad, decrecieron en un 38,4% y en un 23,2%, respectivamente (Tabla 2.22I). En esta ocasión, un 70,6% de la materia seca registrada correspondió a materia seca de tallos y el 29,4% restante a la de hojas (Fig. 2.13f).

En el tratamiento "Secano", los datos de materia seca total, materia seca de tallos y de hojas, acusaron los mayores porcentajes de reducción en esta variedad y para esta campaña. Los mismos fueron del 45,7%, 48,5% y del 37,2%, respectivamente (Tabla 2.22I). Su materia seca total fue de 4,14 kg/metro lineal, de la cual un 71,1% correspondió a la materia seca de tallos y el 28,9% restante a la de hojas (Fig. 2.13f).

Comparando entre los meses de febrero y marzo durante el primer año de ensayos y en ambas variedades, el cultivo sometido al tratamiento "Riego", "Sin riego en enero", "Sin

riego en febrero” y “Secano”, en marzo, distribuyó sus asimilados, en mayor medida, hacia los tallos, adquiriendo éstos mayor materia seca respecto a lo observado en hojas. En cambio, en el tratamiento “Sin riego en enero y febrero”, durante el mes de marzo, en ambas variedades, se registró una disminución en la distribución de la materia seca total hacia tallos y, en contraposición a esto, un aumento en la partición hacia las hojas, respecto a lo observado en el mes de febrero. Esto se debe a que el cultivo bajo esta restricción hídrica fue disminuyendo, progresivamente, su área foliar durante los meses de enero y febrero (Fig. 2.11), aumentando de esta forma la proporción de materia seca de tallo. Durante el mes de marzo, cuando el agua no fue limitante, el cultivo compensó su área foliar y la relación entre materia seca de tallos y de hojas disminuyó.

En la segunda campaña, en la variedad LCP 85-384 los tratamientos “Sin riego en febrero”, Sin riego en enero y febrero” y “Secano”, en el mes de marzo, tuvieron una disminución en la partición de los asimilados hacia los tallos y un aumento hacia las hojas, respecto a lo determinado durante el mes de febrero. En cambio, en la variedad NA 85-1602, en todos los tratamientos planteados, durante el mes de marzo, la partición de asimilados fue mayor hacia los tallos. Este efecto fue debido a que NA 85-384 tuvo menor área foliar que su par LCP85-384 (Fig. 2.12), lo que implica menor superficie transpirante, menor efecto ante la restricción hídrica y menor influencia en la relación materia seca de tallos y de hojas.

2.5 Consideraciones Generales y Conclusión

Durante las dos campañas evaluadas se determinó que ambas variedades tuvieron un comportamiento diferencial de acuerdo con el tratamiento de riego al que fueran sometidas. Así, se pudo observar que los mayores valores de las variables estudiadas fueron registrados en lotes donde el riego no fue limitado. Partiendo de esta condición “ideal” y tomando los valores registrados para cada variable como el ciento por ciento, se propuso expresar el efecto de cada tratamiento planteado como el porcentaje de reducción de cada variable respecto a lo obtenido bajo la condición “Riego”.

En el tratamiento “Sin riego en enero”, en promedio de las dos campañas evaluadas, la variedad LCP 85-384 tuvo una merma en la “Materia seca total” del 14,3%. A su vez, el “Área foliar” se redujo en un 8,26% durante el mes de enero, un 10,4% durante febrero y un 15,9% en marzo. En cuanto a la variable “Altura final de tallos”, en esta variedad y bajo el mismo tratamiento hídrico, redujo su altura en un 7% respecto a la misma variedad bajo la situación de riego óptimo.

NA 85-1602, bajo el tratamiento “Sin riego en enero”, demostró una reducción del 21,5% de su “Materia seca total”. En cuanto al “Área foliar”, durante el mes de enero, la reducción fue del 4,7%. En cambio, durante los meses de febrero y marzo esta variedad mostró un aumento de su área foliar respecto a lo observado para la condición de riego óptimo, fenómeno asociado posiblemente a un proceso de compensación de crecimiento. Estos incrementos fueron del orden del 16,9% y del 1,1% para los meses de febrero y marzo, respectivamente. Y en cuanto a la “Altura final de tallos” se vio reducida en un 6,3%.

Bajo este tratamiento la variedad LCP 85-384 fue la que mejor se comportó ya que, si bien tanto el Área foliar como la Altura promedio de tallos lo hicieron en mayor grado que NA 85-1602, su MST disminuyó (respecto al tratamiento de “Riego”) 1/3 menos que lo que mermó su par varietal.

En el tratamiento “Sin riego en febrero” la variedad LCP 85-384 mostró una reducción mayor en su “Materia seca total” que en el tratamiento anteriormente descrito. En este caso, la merma alcanzó un 33%. Durante los meses de febrero y marzo el “Área foliar”

decajó en un 18,9% y en un 15,1%, respectivamente. En cuanto a la variable “Altura final de tallos” se registró una merma del 4,5%.

Bajo este mismo tratamiento, la variedad NA 85-1602 mostró una reducción menor a la expresada por su par LCP 85-384. Esta reducción fue del 26,8%. La restricción hídrica realizada en febrero ocasionó que esta variedad disminuyera su “Área foliar” en un 9,5% y en un 8,7% en los meses de febrero y marzo, respectivamente. A su vez, su “Altura final de tallos” se redujo en un 9,4% respecto a lo registrado para el tratamiento de “Riego”.

Sometido el cultivo a este tratamiento, NA 85-1602, fue la que mejor se comportó ya que el porcentaje de disminución de su MST y su Área foliar (respecto al tratamiento de “Riego”) fue menor que el observado para LCP 85-384. En cambio, el porcentaje de reducción de su Altura promedio de tallos fue mayor que lo observado para LCP 85-384.

Ahora bien, cuando la variedad LCP 85-384 fue sometida al tratamiento “Sin riego en enero y febrero” su “Materia seca total” se redujo en un 36,8%. El “Área foliar”, durante el mes de enero tuvo una merma del 13,7%, que se incrementó alcanzando un porcentaje del 34,3% durante el mes de febrero y, un 19,8% durante el mes de marzo. En cuanto a la variable “Altura final de tallos”, la reducción fue del 14,2% respecto a lo observado para el tratamiento de “Riego”.

NA 85-1602, ante una restricción del riego durante los meses de enero y febrero, aminoró su “Materia seca total” en un 36,8%. Esta restricción del riego también repercutió en el “Área foliar”. Esta variable mostró una reducción del 10,3% durante el mes de enero, 26,9% durante el mes de febrero y durante el mes de marzo se redujo en un 16,5%. Así también tuvo su efecto en la variable “Altura final de tallos” que disminuyó un 19,5%.

En este caso, los porcentajes de reducción respecto a sus tratamientos de riego, en ambas variedades, fueron prácticamente similares, acusando LCP 85-384 mejor respuesta en su Altura promedio de tallos (evidenció un menor porcentaje de reducción, respecto al tratamiento de “Riego” que su par NA 85-1602) y NA 85-1602 en la variable Área foliar.

En el tratamiento de “Secano” ambas variedades registraron las mayores reducciones respecto a lo percibido en el tratamiento de “Riego”. La variedad LCP 85-384 experimentó una merma del 50,8% en lo que respecta a “Materia seca total”. El “Área foliar” durante el mes de enero reflejó una disminución del 14,6%, un 33,3% durante el mes de febrero y una reducción del 39,5% en el mes de marzo, respecto a lo registrado para el tratamiento de “Riego”. En cuanto a la “Altura promedio de tallo” se observó una disminución del 22% respecto al tratamiento de “Riego”.

Ante el tratamiento de “Secano”, NA 85-1602 mostró una pérdida del 55,4% de su “Materia seca total” respecto a la condición de “Riego”. Su “Área foliar” manifestó una reducción del 26,2% durante el mes de enero y para los meses de febrero y marzo, las reducciones fueron del orden de los 28,8% y 29,1%, respectivamente. En cuanto a la variable “Altura final de tallos” se registró una reducción del 37,2% con respecto a lo que acusó esta misma variedad bajo el tratamiento de “Riego”.

Bajo esta situación hídrica, la variedad NA 85-1602 fue la que mayor efecto sufrió, mostrando porcentajes de reducción mayores en MST y en Altura promedio de tallos.

Por todos estos datos expuestos se concluye que, en primer lugar, ante un posible estrés hídrico durante el mes de enero, LCP 85-384 tiene un mejor comportamiento compensatorio que su par NA 85-1602, ya que esta última presentó mayores reducciones a nivel de materia seca total respecto a lo obtenido en el tratamiento de riego. En cambio, cuando el estrés hídrico se produjo durante el mes de febrero, NA 85-1602 evidenció un

mejor comportamiento compensatorio ante ese período de estrés. En la situación de restricción de riego complementario durante los meses de enero y febrero, ambas variedades tuvieron, en promedio, el mismo comportamiento. Y, por último, fue la variedad LCP 85-384 la que mejor respuesta evidenció ante la situación sin riego complementario ("Secano"), ya que el impacto en la materia seca total fue menor al demostrado por NA 85-1602. De esta manera, LCP 85-384, compensó en mejor manera un estrés hídrico que su par NA 85-1602, bajo la condición "Secano".

CAPÍTULO 3

Consecuencias de una restricción en la OHTA sobre la población de tallos y sus pesos

3.1 Introducción

El rendimiento del cultivo de caña de azúcar está dado principalmente por el número de tallos registrados por metro y por el peso de los mismos. El número de tallos a su vez depende de la capacidad de macollaje de cada variedad y de la eficiencia del cultivo para lograr que la mayor parte de esos macollos producidos lleguen a convertirse en tallos molibles. El macollaje es una fase de gran importancia en la definición del rendimiento, ya que en su transcurso se establece el número potencial de órganos cosechables. (Romero *et al.*, 2009). A su vez, esta eficiencia depende de cuestiones genotípicas y del ambiente, como ser la disponibilidad hídrica, la temperatura, la radiación interceptada y la nutrición del cultivo.

Durante la fase de activo o gran crecimiento el cultivo define la población final de tallos a molienda y el peso de los mismos, es por ello que en esta fase las respuestas del cultivo a las condiciones agroecológicas en las que se desenvuelve son máximas.

Según resultados obtenidos por Soopramanien *et al.* (1992), el estrés de agua debe evitarse después de la fase de macollaje, ya que una situación de este tipo afecta el número de tallos molibles y la altura de tallos a la cosecha y, por lo tanto, reduce el rendimiento. Así, en el presente capítulo se espera discutir los procesos involucrados en la obtención del número y peso de tallos a molienda en respuesta a diferentes ofertas hídricas planteadas en cada tratamiento y en ambas variedades estudiadas.

3.2 Objetivo Específico

- Evaluar las consecuencias de una restricción en la OHTA sobre la población de tallos y sus pesos.

3.3 Materiales y Métodos

En el capítulo 2 fueron descriptos detalladamente los experimentos llevados a cabo para alcanzar el objetivo planteado. Para este capítulo se determinaron las siguientes variables y mediciones:

- Recuento de macollos por metro (macollos m^{-1}), al finalizar la fase de macollaje;
- Recuento de tallos a molienda (tallos m^{-1}) al concluir la fase de activo crecimiento;
- Elongación semanal de 3 tallos elegidos al azar (como componente de rendimiento y crecimiento). Para ello se utilizó una cinta métrica y se tomaron las medidas desde la base del tallo hasta la última hoja completamente expandida (con lígula visible), y;
- Rendimiento de tallos a cosecha ($t\ ha^{-1}$), en donde se cosecharon los tallos de los 10 metros lineales centrales del surco central, se los pesaron y se llevaron los resultados a valor hectárea.

3.4 Resultados y Discusión

3.4.1 Número de Macollos por metro lineal

Para la variedad LCP 85-384, durante la primera campaña (Fig. 3.1a) se pudo observar en el tratamiento "Riego" un promedio de 81 macollos $m\ lineal^{-1}$ evaluado de cada parcela

experimental. En cambio, en el transcurso del segundo año la producción de macollos decayó hasta un 30,8%, obteniéndose, en promedio, 56 macollos m lineal⁻¹ (Tabla 3.1a).

(a) Recuento de macollos. Campaña 1 vs Campaña 2. LCP 85-384.

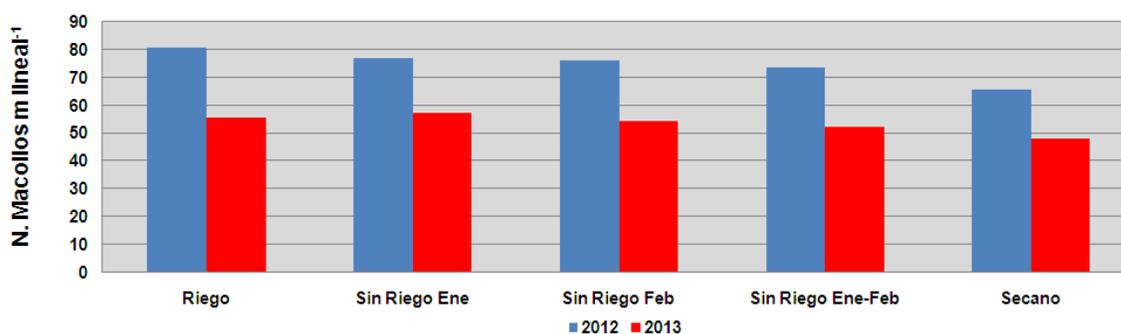


Figura 3.1a - Recuento de Macollos. Campaña 1 y 2 para la variedad LCP 85-384.

Tabla 3.1a – Porcentajes de Reducción del Número de Macollos m lineal⁻¹ en la segunda campaña, respecto de la primera. LCP 85-384.

Porcentaje de Reducción del Número de macollos m lineal ⁻¹ entre ambas campañas. LCP 85-384.	
Tratamiento	Porcentaje de reducción
Riego	30,8
Sin/Ene	25,9
Sin/Feb	28,5
Sin/Ene-Feb	29,2
Secano	26,8

En el tratamiento donde el riego fue restringido en el mes de enero con el cultivo en la etapa de macollaje, produjo en promedio 77 macollos m lineal⁻¹ en la primera campaña. Durante la segunda este número fue reducido en un 25,9%, lográndose en promedio un total de 57 macollos m lineal⁻¹ (Tabla 3.1a).

En aquellas parcelas en las cuales se restringió el riego durante el mes de febrero, el promedio de macollos contabilizados, en el primer año, fue de 76 macollos m lineal⁻¹. De este valor promedio, para la segunda campaña, se produjo una merma del 28,5%, alcanzando valores promedios de 54 macollos m lineal⁻¹ (Tabla 3.1a).

Cuando la reducción del riego se efectuó durante los dos meses en cuestión, durante el primer año, se logró un promedio total de 74 macollos m lineal⁻¹ y, al igual que en los tratamientos anteriormente descritos, durante la segunda campaña se vio una reducción del 29,2%, contabilizándose para este caso un promedio total de 52 macollos m lineal⁻¹ (Tabla 3.1a).

Cuando el cultivo no recibió riego en ningún momento de su ciclo durante la primera campaña generó un promedio total de 66 macollos m lineal⁻¹ registrados de cada parcela

ensayada. En la segunda campaña, la producción de macollos se aminoró en un 26,8%, lográndose un promedio de 48 macollos m lineal⁻¹ contabilizados (Tabla 3.1a).

Todas estas diferencias en el número de macollos m lineal⁻¹, entre ambas campañas, para la variedad LCP 85-384 fueron significativas (Tabla 3.2a).

Tabla 3.2a - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número de Macollos m lineal-1 entre las dos campañas de ensayos, para las variedades LCP 85-384.

a - Análisis de la varianza. Macollos m-1. LCP 85-384 ($p < 0,05$)		
Macollos m-1. LCP 85-384 ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	B	A
Sin riego en ene.	B	A
Sin riego en feb.	B	A
Sin riego en ene-feb.	B	A
Secano.	B	A

(Campañas con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

En NA 85-1602, y a diferencia de LCP 85-384, se observaron diferencias tan marcadas en la producción promedio de macollos entre ambas campañas (Tabla 3.2b).

Tabla 3.2b - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número de Macollos m lineal⁻¹ entre las dos campañas de ensayos, para las variedades NA 85-1602.

b - Análisis de la varianza. Macollos m-1. NA 85-1602 ($p < 0,05$)		
Macollos m-1. NA 85-1602 ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

(Campañas con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Además, en los tratamientos “Riego” y “Sin riego en enero”, durante la segunda campaña, el recuento de macollos fue mayor que lo observado para la primera. Es decir, NA 85-1602 durante la primera campaña, en las parcelas donde el riego no fue restringido, la producción promedio de fue de 35 macollos m lineal⁻¹. En cambio, en la segunda campaña este valor fue superior, registrándose un total de 37 macollos m lineal⁻¹. Esto hace un incremento del 6,7% (Tabla 3.1b y Fig. 3.1b).

(b) Recuento de macollos. Campaña 1 vs Campaña 2. NA 85-1602.

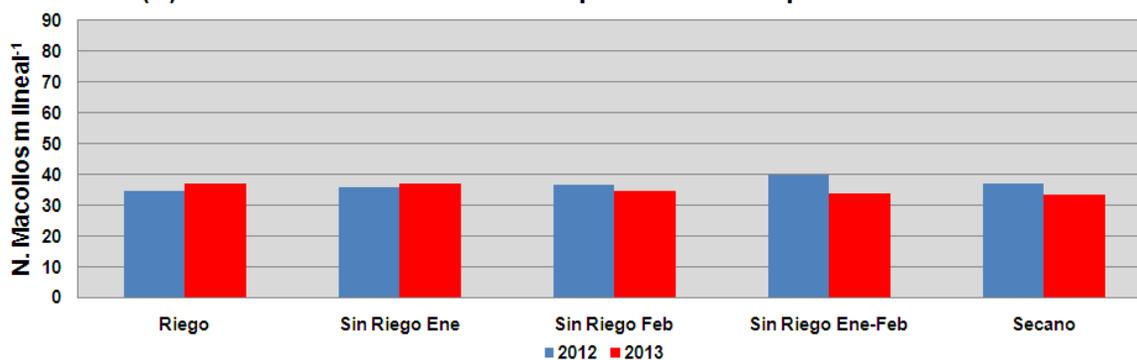


Figura 3.1b - Recuento de Macollos. Campaña 1 y 2 para la variedad NA 85-1602.

Tabla 3.1b – Porcentajes de Reducción del Número de Macollos m lineal¹ en la segunda campaña, respecto de la primera. NA 85-1602.

Porcentaje de Reducción del Número de macollos m lineal ¹ entre ambas campañas NA 85-1602	
Tratamiento	Porcentaje de reducción
Riego	* -6,7
Sin/Ene	* -3,9
Sin/Feb	5,6
Sin/Ene-Feb	14,6
Secano	10,0

* Los valores negativos (en color rojo) corresponden a incrementos en el Número de macollos m lineal¹ en la segunda campaña, respecto de la primera.

Este aumento de una campaña a otra también fue observado para el tratamiento “Sin riego en enero”. Este incremento fue del orden del 3,9% (Tabla 3.1b).

En cambio, en el tratamiento “Sin riego en febrero” se observó una reducción en el número de macollos producidos durante la segunda campaña respecto de la primera. Esta merma fue del 5,6% (Tabla 3.1b).

En el tratamiento “Sin riego en enero y febrero” se registró, para la primera campaña, un promedio total de 40 macollos m lineal¹ y para la segunda, un promedio de 34. Es decir que en la segunda campaña hubo una reducción del 14,6% (Tabla 3.1b).

En las parcelas que fueron sometidas a la condición “Secano” la producción de macollos durante el primer año promedió los 37 macollos m lineal¹, en cambio, en la segunda campaña se redujo un 9,9%, es decir que el promedio de macollos generados fue de 33 macollos m lineal¹ (Tabla 3.1b).

Como se puede observar, LCP 85-384, en ambas campañas, produjo un mayor número de macollos por metro lineal respecto a su par NA 85-1602 (Tabla 3.3). Esta diferencia disminuyó durante la segunda campaña, pero en ambas fue siempre significativa (Tabla 3.4a y 3.4b). Además, como se pudo observar en la Tabla 3.1a, LCP 85-384 registró una mayor pérdida en el número de macollos generados durante la segunda campaña con respecto a la primera. La capacidad de macollaje y la supervivencia de los mismos están regidas por características netamente varietales. Esto coincide con Chavanne *et al.* (1998), quien expresó que LCP 85-384 se destaca por la gran capacidad de producción de macollos.

Tabla 3.3 – Porcentajes de Reducción del Número de Macollos m lineal⁻¹ de la variedad NA 85-1602 respecto de LCP 85-384 durante la primera campaña.

Porcentaje de Reducción del Número de macollos m lineal ⁻¹ de NA 85-1602 respecto a LCP 85-384.		
Tratamiento	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego	57	33,6
Sin/Ene	53,6	35
Sin/Feb	52	36,6
Sin/Ene-Feb	46,2	35,2
Secano	44	31,1

Tabla 3.4 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número de Macollos m lineal⁻¹ entre ambas variedades, para cada tratamiento y para las campañas 2011/2012 y 2012/2013.

a- Análisis de la varianza. Macollos m ⁻¹ . LCP 85-384 y NA 85-1602. 2011/2012 ($p < 0,05$)		
Macollos m ⁻¹ . 2011/2012 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	B	A
Sin riego en ene.	B	A
Sin riego en feb.	B	A
Sin riego en ene-feb.	B	A
Secano.	B	A

b- Análisis de la varianza. Macollos m ⁻¹ . LCP 85-384 y NA 85-1602. 2012/2013 ($p < 0,05$)		
Macollos m ⁻¹ . 2012/2013 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	B	A
Sin riego en ene.	B	A
Sin riego en feb.	B	A
Sin riego en ene-feb.	B	A
Secano.	B	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

A continuación se expone el análisis de la varianza ($p > 0,05$) para la variable “Número de macollos m lineal⁻¹”, para cada tratamiento y variedad. A) Campaña 2011/2012 y B) Campaña 2012/2013.

Tabla 3.5 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número de Macollos m lineal⁻¹, para cada tratamiento y ambas variedades. A) Campañas 2011/2012 y B) 2012/2013.

a - Análisis de la varianza. Número de macollos m lineal ⁻¹ . 2011/2012 ($p < 0,05$)					
Variedad	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
LCP 85-384	A	A	A	A	A
NA 85-1602	A	A	A	A	A

b - Análisis de la varianza. Número de macollos m lineal ⁻¹ . 2012/2013 ($p < 0,05$)					
Variedad	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
LCP 85-384	A	A	A	A	A
NA 85-1602	A	A	A	A	A

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

3.4.2 Mortalidad de macollos (MM) por metro lineal

Con este análisis se pretende conocer si los diferentes tratamientos planteados afectaron la mortalidad de macollos producidos.

Para la primera campaña (Fig. 3.2a) y como se pudo observar en el apartado anterior, la variedad LCP 85-384 fue la que mayor número de macollos por metro lineal produjo. Pero, a su vez esta variedad fue la que mayor porcentaje de MM presentó. De todos modos, también fue la variedad que mayor número de tallos logró por metro lineal, en todos los tratamientos planteados.

(a) Número de macollos $m\ lineal^{-1}$ y macollos muertos $m\ lineal^{-1}$. 2012.

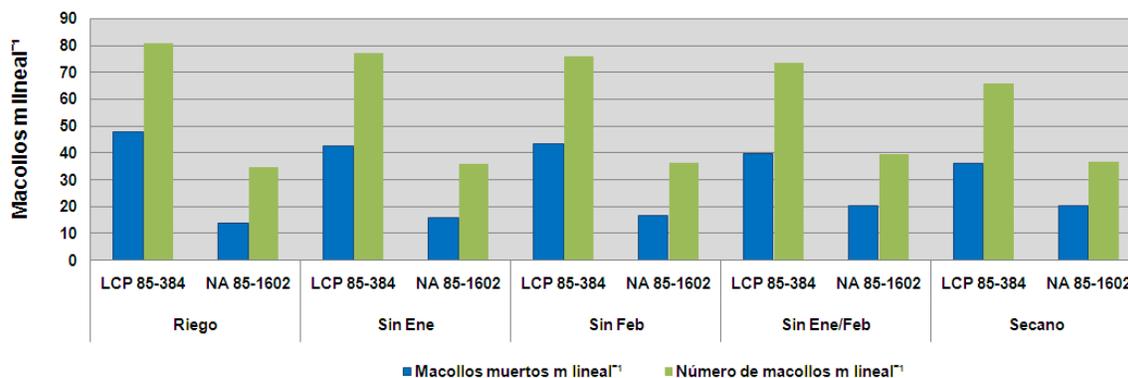


Figura 3.2a - Relación entre los Macollos Producidos y los Macollos Muertos por metro lineal, para ambas variedades durante la primera campaña.

Durante esta primera campaña (Fig. 3.2a), para el tratamiento “Riego”, LCP 85-384 registró una MM del 59,4% de los macollos producidos durante la fase de macollaje. En cambio, en la variedad NA 85-1602 la MM alcanzó el 39,2% del total producido (Tabla 3.6).

Tabla 3.6 – Porcentajes del Número de Macollos Muertos $m\ lineal^{-1}$, respecto de los producidos durante la primera campaña.

Porcentaje del Número de macollos muertos $m\ lineal^{-1}$, respecto a los producidos. Campaña 2011/2012.		
Tratamiento	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego	59,4	39,2
Sin/Ene	55,2	43,7
Sin/Feb	56,9	45,2
Sin/Ene-Feb	54,1	50,8
Secano	54,9	55,2

Para el tratamiento “Sin riego en enero” LCP 85-384 registró un promedio de 55,2% de macollos muertos respecto del promedio total producido. NA 85-1602, en cambio, sufrió un deceso del 43,7% del promedio total generado (Tabla 3.6).

En las parcelas en las cuales la restricción del riego se programó para el mes de febrero, LCP 85-384 resignó un 56,9% de sus macollos producidos. En NA 85-1602 la MM alcanzó el 45,2% (Tabla 3.6).

Para el tratamiento “Sin riego en enero y febrero” en LCP 85-384 el 54,1% de los macollos producidos fueron descartados por el cultivo. En cambio, en la variedad NA 85-1602, el 50,8% de los macollos producidos corresponden al porcentaje de mortalidad para esa campaña (Tabla 3.6).

En las parcelas en las cuales no se ha suministrado riego (Secano) el porcentaje de MM fue del 54,9% para la variedad LCP 85-384 y del 55,3% para la variedad NA 85-1602 (Tabla 3.6).

Durante la primera campaña de ensayos no se observaron diferencias significativas respecto a la MM entre los distintos tratamientos, en ambas variedades (Tabla 3.7a).

Tabla 3.7a - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número de Macollos Muertos $m\ lineal^{-1}$, para cada tratamiento y en ambas variedades. Campaña 2011/2012.

a - Análisis de la varianza. Número de macollos muertos $m\ lineal^{-1}$. 2011/2012 ($p < 0,05$)					
Variedad	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
LCP 85-384	A	A	A	A	A
NA 85-1602	A	A	A	A	A

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Comparando, ahora, los porcentajes de MM de cada tratamiento y entre variedades, se observó que hubo diferencias significativas entre ambas variedades en el tratamiento de “Riego” (Tabla 3.8). En la variedad LCP 85-384, la MM (en porcentaje respecto al total de macollos producidos) fue superior a lo observado en NA 85-1602, como se aprecia en la Tabla 3.6.

Tabla 3.8a - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número de Macollos Muertos $m\ lineal^{-1}$, entre ambas variedades y para cada tratamiento. Campaña 2011/2012.

a - Análisis de la varianza. Porcentaje de Macollos muertos m^{-1} . LCP 85-384 y NA 85-1602. 2011/2012 ($p < 0,05$)		
Porcentaje de Macollos muertos m^{-1} . 2011/2012 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	B	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

En el segundo año de ensayos (Fig. 3.2b), la variedad LCP 85-384, si bien produjo menos macollos durante la fase correspondiente, obtuvo en la totalidad de los tratamientos planteados un menor porcentaje de macollos muertos. En cambio, NA 85-1602, en general, mantuvo las mismas relaciones registradas en la primera campaña (Tabla 3.9). El hecho de que se haya observado una disminución en la generación de macollos (sobre todo en la variedad LCP 85-384) durante el segundo año puede estar asociado a que, por lo general, la capacidad de macollar disminuye conforme aumenta la edad del cañaveral.

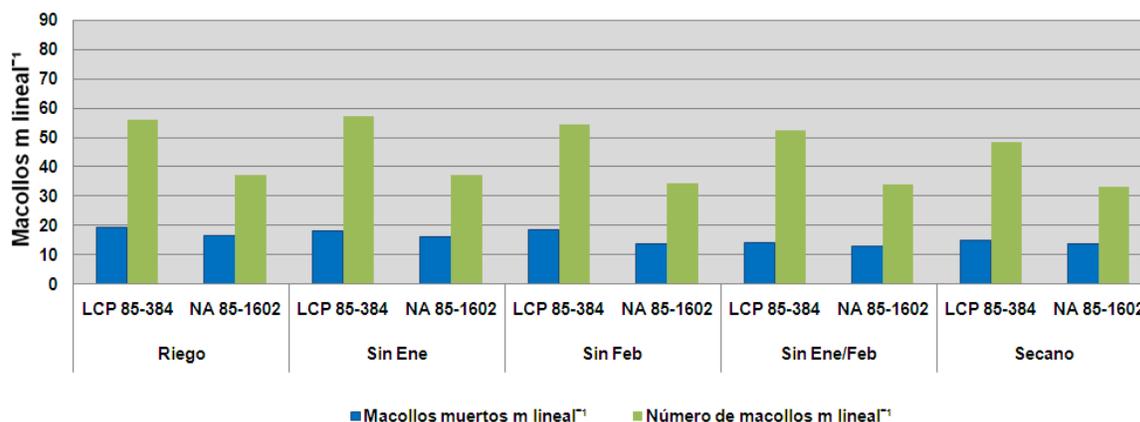
(b) Número de macollos m lineal⁻¹ y macollos muertos m lineal⁻¹. 2013.

Figura 3.2b - Relación entre los Macollos Producidos y los Macollos Muertos por metro lineal, para ambas variedades durante la segunda campaña.

Tabla 3.9 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número de Macollos Muertos m lineal⁻¹ respecto a los macollos totales producidos, entre ambas campañas y para cada tratamiento. A) LCP 85-384. B) NA 85-1602.

a - Análisis de la varianza. Macollos muertos m-1. LCP 85-384 ($p < 0,05$)		
Macollos Muertos m-1. LCP 85-384 ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	B	A
Sin riego en ene.	B	A
Sin riego en feb.	B	A
Sin riego en ene-feb.	B	A
Secano.	B	A

b - Análisis de la varianza. Macollos muertos m-1. NA 85-1602 ($p < 0,05$)		
Macollos muertos m-1. NA 85-1602 ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

(Campañas con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

En el tratamiento “Riego”, en la variedad LCP 85-384 se observó que la MM alcanzó el 34,8%. NA 85-1602, en este caso, logró una mortalidad del 44,5% del total de macollos producidos (Tabla 3.10).

Tabla 3.10 – Porcentajes del Número de Macollos Muertos m lineal¹, respecto de los producidos durante la segunda campaña.

Porcentaje del Número de macollos muertos m lineal ¹ , respecto a los producidos. Campaña 2012/2013.		
Tratamiento	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego	34,8	44,5
Sin/Ene	31,7	43,2
Sin/Feb	33,9	39,5
Sin/Ene-Feb	27,3	38,4
Secano	31,1	41,0

En las parcelas donde el riego fue restringido durante el mes de enero, en la variedad LCP 85-384, un 31,7% del total de macollos producidos corresponden al porcentaje de mortalidad de macollos. En cambio, en NA 85-1602 el porcentaje de mortalidad de macollos alcanzó el 43,2% (Tabla 3.10).

Para el tratamiento “Sin riego en febrero”, en la variedad LCP 85-384 un 33,9% del total de macollos corresponden a los macollos que murieron. En NA 85-1602 se observó, en cambio, que los macollos muertos alcanzaron los 39,5% del total producido durante la fase de macollaje (Tabla 3.10).

Para el caso del tratamiento “Sin riego en enero y febrero”, del total de macollos generados por la variedad LCP 85-384, el porcentaje de macollos muertos fue del 27,3%. Por su parte, NA 85-1602 mostró un 38,4% de macollos que no prosperaron en el cultivo (Tabla 3.10).

En las parcelas donde no se realizaron riegos, los porcentajes de macollos muertos fueron del 31,1% y del 41% para las variedades LCP 85-384 y NA 85-1602, respectivamente (Tabla 3.10).

Durante la segunda campaña de ensayos, al igual que en la primera, no se observaron diferencias significativas respecto a la MM entre los distintos tratamientos, en ambas variedades (Tabla 3.7b).

Tabla 3.7b - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número de Macollos Muertos m lineal¹, para cada tratamiento y en ambas variedades. Campaña 2012/2013.

b - Análisis de la varianza. Número de macollos muertos m lineal ¹ . 2012/2013 ($p < 0,05$)					
Variedad	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
LCP 85-384	A	A	A	A	A
NA 85-1602	A	A	A	A	A

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Comparando, ahora, los porcentajes de MM de cada tratamiento y entre variedades, se observa que hubieron diferencias significativas entre ambas variedades en los tratamientos “Sin riego en enero” y “Sin riego en enero y febrero” (Tabla 3.8b). En esta campaña, en la variedad NA 85-1602, bajo estos tratamientos de riego, el porcentaje de

MM fue superior a lo observado en LCP 85-384 (respecto al total de macollos producidos), como se aprecia en la Tabla 3.10.

Tabla 3.8b - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número de Macollos Muertos m lineal⁻¹, entre ambas variedades y para cada tratamiento. Campaña 2012/2013.

b- Análisis de la varianza. Porcentaje de Macollos muertos m-1. LCP 85-384 y NA 85-1602. 2012/2013 ($p < 0,05$)		
Porcentaje de Macollos muertos m-1. 2012/2013 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	B
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	B
Secano.	A	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Todos estos resultados concuerdan con lo visto por Oliveira *et al.* (2010), quienes constataron que en condiciones de secano, en promedio, una reducción del 50% de los macollos producidos al momento de la cosecha, y con lo publicado por Romero *et al.* (2009), que determinaron que los porcentajes de mortalidad registrados pueden variar entre un 25 y 70%, resultando el porcentaje de mortalidad más frecuente entre un 45-50%.

Según Castro (2000) y Oliveira *et al.* (2004), el macollaje en la caña de azúcar se incrementa hasta el sexto mes después de la siembra, luego de este período se inicia una reducción en el número de macollos debido a la competencia por la luz, el espacio, el agua y los nutrientes que reflejan así la disminución, una paralización del proceso y la muerte de macollos más jóvenes.

De todos modos, lo observado en este estudio concuerda con Soopramanien *et al.* (1992), quienes hallaron que la planta de caña de azúcar produce un exceso de macollos cuando la luz, el agua y la temperatura no son factores limitantes. Por lo tanto, puede tolerar un cierto nivel de estrés durante su fase de macollaje sin una disminución significativa en el número de tallos molibles en la cosecha y por lo tanto rendimiento de la caña.

3.4.3 Número de Tallos a Molienda (TaM)

Uno de los factores del rendimiento de mayor importancia es el número de TaM por metro. Este factor depende en gran medida de la capacidad de macollaje y de supervivencia de los mismos que posee cada variedad. Si bien los tratamientos con mejores condiciones hídricas produjeron gran cantidad de macollos por metro, estos no prosperaron hasta su cosecha, como se pudo observar anteriormente.

Durante la primera campaña (Fig. 3.3), para el tratamiento "Riego", en la variedad LCP 85-384, sólo un 40,6% de los macollos producidos llegaron a ser considerados TaM (33 TaM m lineal⁻¹). En cambio, en la variedad NA 85-1602 un 60,8% de los macollos llegaron a cosecha como TaM (21 tallos m lineal⁻¹) (Tabla 3.11).

Tabla 3.11 – Porcentajes del Número Tallos a Molienda m lineal¹, respecto de los Macollos Producidos durante la primera campaña.

Porcentaje del Número de tallos a molienda m lineal ¹ , respecto de los macollos totales producidos. Campaña 2011/2012.		
Tratamiento	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego	40,6	60,8
Sin/Ene	44,8	56,3
Sin/Feb	43,1	54,8
Sin/Ene-Feb	45,9	49,2
Secano	45,1	44,8

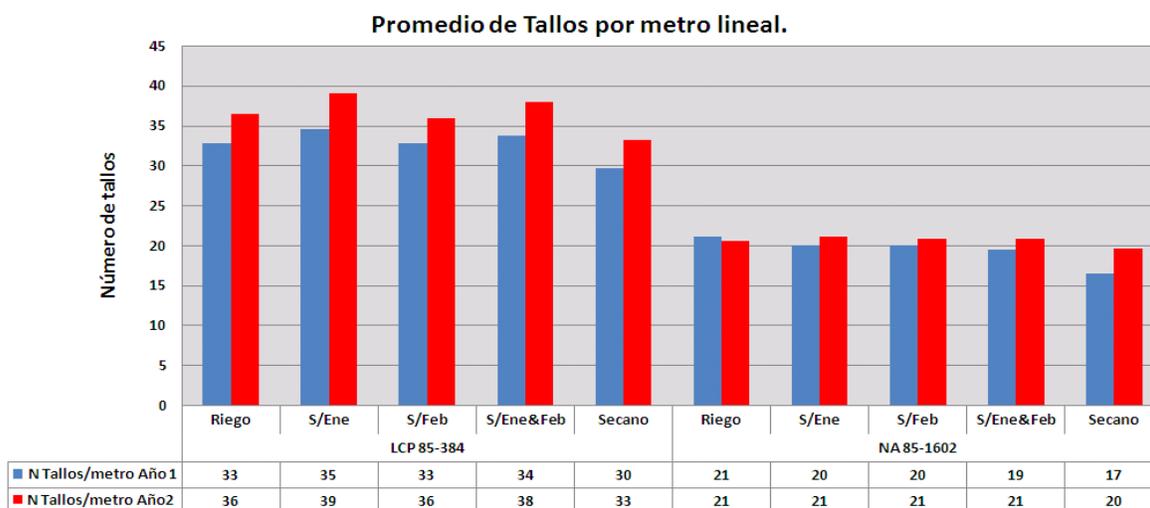


Figura 3.3 - Promedio del Número de Tallos m lineal¹ para ambas variedades y campañas.

Para el tratamiento “Sin riego en enero”, en LCP 85-384, del promedio total de macollos producidos, un 44,8% llegaron a cosecha (35 tallos m lineal¹) En NA 85-1602, un 56,3% de los mismos fueron considerados TaM (20 tallos m lineal¹) (Tabla 3.11).

Cuando la restricción del riego se realizó durante el mes de febrero, LCP 85-384 logró que un 43,1% del total de macollos producidos sean considerados TaM (33 tallos m lineal¹). En NA 85-1602, el 54,8% de los mismos fueron contabilizados como TaM a cosecha (20 TaM m lineal¹) (Tabla 3.11).

Para el tratamiento “Sin riego en enero y febrero”, en LCP 85-384 un 45,9% del total de los macollos producidos llegaron a TaM (34 tallos a cosecha m lineal¹). En cambio, en la variedad NA 85-1602 los macollos que sobrevivieron y se convirtieron en TaM alcanzaron el 49,2% (19 TaM m lineal¹) (Tabla 3.11).

En las parcelas en las cuales no se ha suministrado riego (Secano) el porcentaje de supervivencia de los macollos fue del 45,1% (30 tallos m lineal¹) para la variedad LCP 85-384 y del 44,8% (17 tallos m lineal¹) para la variedad NA 85-1602 (Tabla 3.11).

Durante la primera campaña de ensayos solamente se observaron diferencias significativas respecto al número de TaM m lineal⁻¹ entre los tratamientos “Riego” y “Secano”, para la variedad NA 85-1602 (Tabla 3.12a).

Tabla 3.12a - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número Tallos a Molienda m lineal⁻¹, para cada tratamiento y en ambas variedades. Campaña 2011/2012.

a - Análisis de la varianza. Tallos a molienda m lineal ⁻¹ . 2011/2012 ($p < 0,05$)					
Variedad	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
LCP 85-384	A	A	A	A	A
NA 85-1602	B	AB	AB	AB	A

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Comparando los porcentajes de TaM m lineal⁻¹ de cada tratamiento y entre variedades, se observa que hubieron diferencias significativas entre ambas variedades en el tratamiento de “Riego” (Tabla 3.13a). En la variedad NA 85-1602, el número de TaM m lineal⁻¹ (en porcentaje respecto al total de macollos producidos) fue superior a lo observado en LCP 85-384, como se aprecia en la Tabla 3.11.

Tabla 3.13a - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número de Tallos m lineal⁻¹, respecto del total de macollos producidos, entre ambas variedades y para cada tratamiento. Campaña 2011/2012.

a - Análisis de la varianza. Porcentaje de Tallos a molienda m ⁻¹ . LCP 85-384 y NA 85-1602. 2011/2012 ($p < 0,05$)		
Porcentaje de Tallos a molienda m-1. 2011/2012 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	B
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

En el segundo año de ensayo (Fig. 3.3), la variedad LCP 85-384, si bien produjo menos macollos durante la fase de macollaje, registró en la totalidad de los tratamientos planteados un mayor porcentaje de macollos que llegan a TaM respecto de los que murieron. Este aumento sólo fue significativo en el tratamiento “Sin riego en enero” (Tabla 3.14a). En cambio, NA 85-1602, en general, mantuvo las mismas relaciones registradas en la primera campaña, aunque logró un aumento significativo en el tratamiento de “Secano”, durante la segunda campaña.

Tabla 3.14 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) Tallos m lineal⁻¹. A) LCP 85-384. B) NA 85-1602.

a - Análisis de la varianza. Tallos a molienda m-1. LCP 85-384 ($p < 0,05$)		
Tallos a molienda m-1. LCP 85-384 ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	B
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

b - Análisis de la varianza. Tallos a molienda m-1. NA 85-1602 ($p < 0,05$)		
Tallos a molienda m-1. NA 85-1602 ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	B

(Campañas con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

En el tratamiento “Riego”, en la variedad LCP 85-384, durante la segunda campaña, se observó que el 65,2% de los macollos lograron convertirse en TaM (36 TaM m lineal⁻¹). NA 85-1602, en este caso, registró un 55,5% de sobrevivientes (21 tallos m lineal⁻¹) (Tabla 3.15).

Tabla 3.15 – Porcentajes del Número Tallos a Molienda m lineal⁻¹, respecto de los macollos producidos durante la segunda campaña.

Porcentaje del Número de tallos a molienda m lineal ⁻¹ , respecto de los macollos totales producidos. Campaña 2012/2013.		
Tratamiento	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego	65,2	55,5
Sin/Ene	68,3	56,8
Sin/Feb	66,1	60,5
Sin/Ene-Feb	72,7	61,6
Secano	68,9	59

En las parcelas donde el riego fue restringido durante el mes de enero, en la variedad LCP 85-384 un 68,3% de los macollos generados se transformaron en TaM (39 tallos m lineal⁻¹). En cambio, en NA 85-1602, el porcentaje de los que se convirtieron en TaM a cosecha alcanzó el 56,8% (21 tallos m lineal⁻¹) (Tabla 3.15).

Para el tratamiento “Sin riego en febrero”, en la variedad LCP 85-384 un 66,1% de los macollos producidos prosperaron y fueron contabilizados como TaM a cosecha (36 tallos m lineal⁻¹). En NA 85-1602 se observó, en cambio, que un 60,5% de macollos prosperaron en TaM (21 tallos m lineal⁻¹) (Tabla 3.15).

Para el caso del tratamiento “Sin riego en enero y febrero”, del total de macollos generados por la variedad LCP 85-384, el 72,7% progresó para formar parte del stand de tallos por metro lineal a cosecha (38 tallos m lineal⁻¹). Por su parte, NA 85-1602 mostró un 61,6% de macollos que se convirtieron en TaM a cosecha (21 tallos m lineal⁻¹) (Tabla 3.15).

En las parcelas donde no se realizaron riegos el porcentajes de macollos que consiguieron convertirse en TaM representan el 68,9% para la variedad LCP 85-384, y del 59% para la variedad NA 85-1602 (33 y 20 tallos m lineal⁻¹, respectivamente) (Tabla 3.15).

Durante la segunda campaña de ensayos no se observaron diferencias significativas respecto al número de tallos m lineal⁻¹, entre los distintos tratamientos y para ambas variedades (Tabla 3.12b).

Tabla 3.12b - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número Tallos a Molienda m lineal⁻¹, para cada tratamiento y en ambas variedades. Campaña 2012/2013.

b - Análisis de la varianza. Tallos a molienda m lineal ⁻¹ . 2012/2013 ($p < 0,05$)					
Variedad	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
LCP 85-384	A	A	A	A	A
NA 85-1602	A	A	A	A	A

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Comparando los porcentajes de TaM m lineal⁻¹, de cada tratamiento y entre variedades, se observa que hubieron diferencias significativas entre ambas variedades en el tratamiento “Sin riego en enero” y “Sin riego en enero y febrero” (Tabla 3.13b). En la variedad LCP 85-384, el número de TaM m lineal⁻¹ (en porcentaje respecto al total de macollos producidos) fue superior a lo observado en NA 85-1602, como se aprecia en la Tabla 3.15.

Tabla 3.13b - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número de Tallos m lineal⁻¹, respecto del total de Macollos Producidos, entre ambas variedades y para cada tratamiento. Campaña 2012/2013.

b- Análisis de la varianza. Porcentaje de Tallos a molienda m-1. LCP 85-384 y NA 85-1602. 2012/2013 ($p < 0,05$)		
Porcentaje de Tallos a molienda m-1. 2012/2013 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	B	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	B	A
Secano.	A	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Los resultados aquí expuestos coinciden con los determinados por Silva *et al.* (2008), quienes observaron que el número de tallos para el tratamiento bajo riego fue más alto que en el tratamiento seco.

3.4.4 Relación entre el Número de Tallos a Molienda (TaM ha⁻¹) y la OHTA (mm)

En cuanto a la variable “Número de TaM ha⁻¹” y su relación con la OHTA durante todo el ciclo, se observó que entre los diferentes tratamientos para ambas variedades y en ambas campañas la diferencia en promedio fue de 18750 TaM ha⁻¹, es decir, 3 TaM m lineal⁻¹.

En la primera campaña (Fig. 3.4a) alcanzaron una diferencia entre los tratamientos de “Riego” y “Secano” de 18906 TaM ha⁻¹ para la variedad LCP 85-384 (alrededor de 3 TaM m lineal⁻¹) y para la variedad NA 85-1602 la diferencia calculada fue de 28594 TaM ha⁻¹ (4,57 TaM m lineal⁻¹).

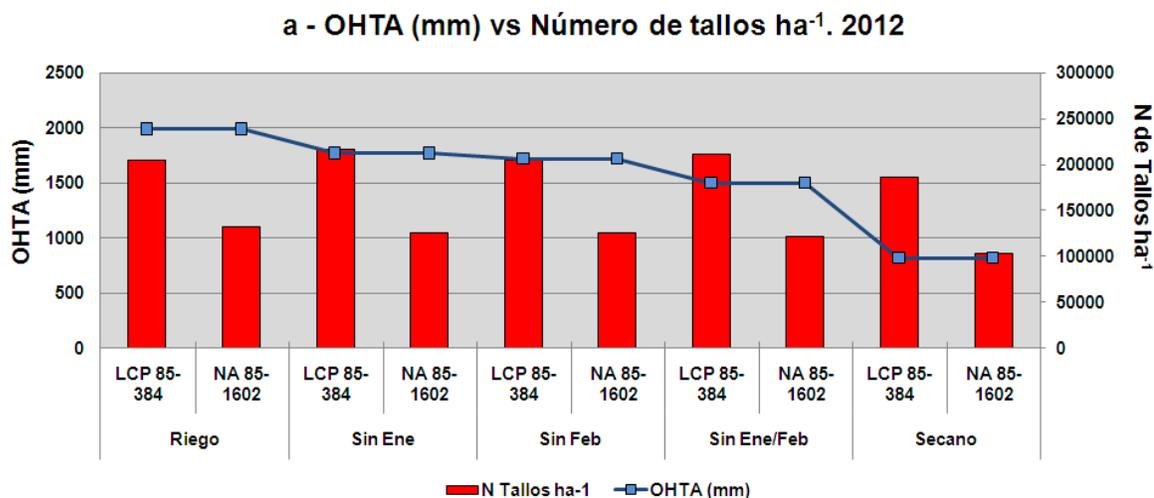


Figura 3.4a - Relación entre la OHTA y Número de Tallos a Molienda ha⁻¹. Campaña 2011/2012.

En la segunda campaña (Fig. 3.4b) la diferencia fue de 19844 TaM ha⁻¹, lo que equivale a 3,11 TaM m lineal⁻¹ para la variedad LCP 85-384 y para la variedad NA 85-1602 la

diferencia entre TaM asciende a los 5782, esto indica que el tratamiento “Riego” obtuvo 0.92 TaM m lineal⁻¹ más que el tratamiento “Secano”.

b - OHTA (mm) vs Número de tallos ha⁻¹. 2013

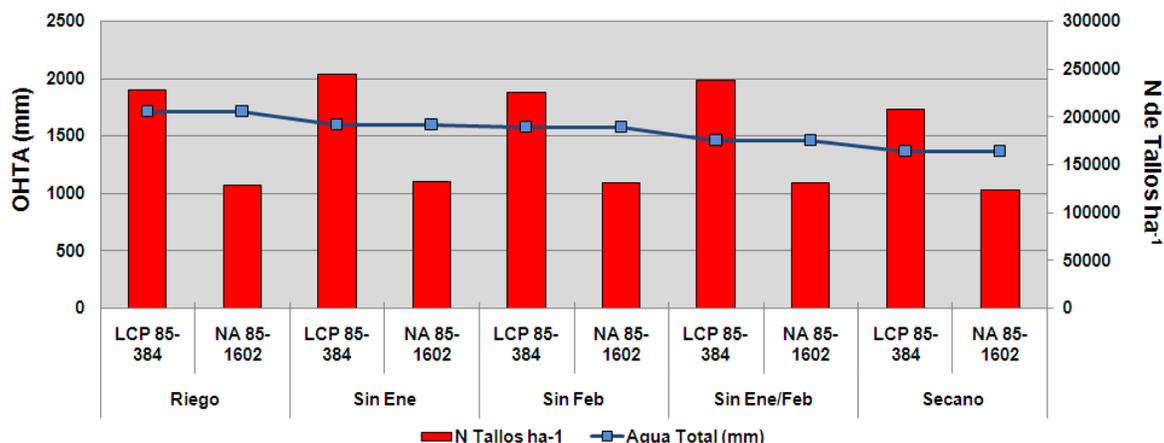


Figura 3.4b - Relación entre la OHTA y Número de TaM ha⁻¹. Campaña 2012/2013.

Como se vio en el apartado anterior, solo en la variedad NA 85-1602, entre los tratamientos de “Riego” y “Secano” y, durante la primera campaña, hubieron diferencias significativas en el recuento de TaM (Tabla 3.12a).

Estos resultados son comparables con los obtenidos por Silva *et al.* (2008), quien también determinó una diferencia de 2 TaM por metro entre los tratamientos húmedos y secos.

Concuerda además con lo obtenido por Inman-Bamber (2004), quien determinó que la población de tallos es relativamente insensible al estrés hídrico.

Se puede observar para ambas campañas una diferencia marcada de tallos entre ambas variedades y en todos los tratamientos, siendo que estas diferencias recaerían en un efecto netamente varietal (Tabla 3.16). Chavanne *et al.* (1998) destacaron que las cepas de la variedad LCP 85-384 se caracterizan por la gran producción de tallos macizos, diferenciándose de otros cultivares conocidos por la enorme capacidad de producción de macollos.

Tabla 3.16 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Número de Tallos m lineal⁻¹, entre ambas variedades y para cada tratamiento. A) Campaña 2011/2012. B) Campaña 2012/2013.

a- Análisis de la varianza. Tallos a molienda m ⁻¹ . LCP 85-384 y NA 85-1602. 2011/2012 ($p < 0,05$)		
Tallos a molienda m ⁻¹ . 2011/2012 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	B	A
Sin riego en ene.	B	A
Sin riego en feb.	B	A
Sin riego en ene-feb.	B	A
Secano.	B	A

b- Análisis de la varianza. Tallos a molienda m ⁻¹ . LCP 85-384 y NA 85-1602. 2012/2013 ($p < 0,05$)		
Tallos a molienda m ⁻¹ . 2012/2013 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	B	A
Sin riego en ene.	B	A
Sin riego en feb.	B	A
Sin riego en ene-feb.	B	A
Secano.	B	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Comparando ambas campañas se puede observar que al momento de cosecha en todos los tratamientos (exceptuando en el de “Riego” para la variedad NA 85-1602), en la segunda campaña se registró un mayor número de TaM ha^{-1} . Estas diferencias fueron significativas en la variedad LCP 85-384 en el tratamiento “Sin riego en enero”, durante la primera campaña y, en la variedad NA 85-1602 en el tratamiento de Secano, durante la segunda campaña (Tabla 3.14a y 3.14b). Esto puede deberse a que los tratamientos bajo restricciones recibieron un mayor milimetraje por parte de las lluvias ocurridas en etapas donde se definió dicho componente del rendimiento.

3.4.5 Relación entre el Número de Tallos m^{-1} (TaM m^{-1}) y la Altura Promedio de Tallos (APT) (m)

En ambas campañas y en ambas variedades se observó que la variable que mayor respuesta tuvo ante los distintos tratamientos planteados fue la de “APT”, como se describió en el apartado 2.4.4 del capítulo anterior.

Comparando ambas variables se observa que durante la primera campaña (Fig. 3.5a), y sobre todo en la variedad NA 85-1602, existe una mayor correlación entre ellas. La misma fluctúa de acuerdo con la condición hídrica planteada para cada tratamiento. Es decir que, en la primera campaña, los tratamientos con menor oferta hídrica disminuyeron el número de tallos y la altura. En la Tabla 3.17 y en los Anexo: Tabla A y Tabla C se exponen el resultado del análisis de correlación (r) entre ambas variables.

El alto nivel de correlación en NA 85-1602 puede ser debido a que durante el primer año tuvo un comportamiento diferencial en la variable “Número TaM m^{-1} frente a los distintos tratamientos evaluados (3.12a) y este comportamiento fue semejante al de la variable “APT”.

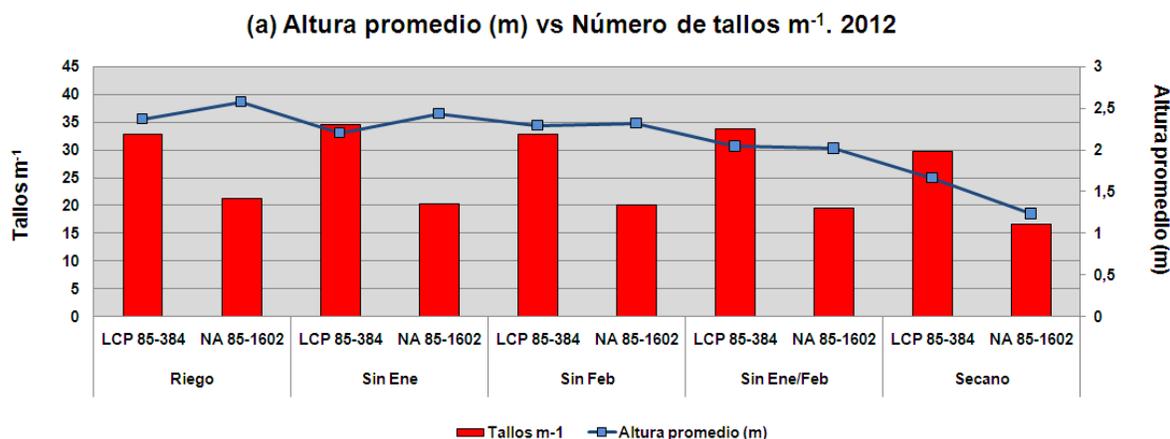


Figura 3.5a - Relación entre las variables “Número de Tallos m^{-1} ” y la “Altura Promedio de Tallos”. Campaña 2011/2012.

En la segunda campaña (3.5b), las diferencias entre ambas variables no fueron tan notorias. Si bien se obtuvo un incremento en la variable “Número de TaM m^{-1} ” respecto a la primera campaña, este incremento no fue acompañado en forma determinante por la variable “APT” (Tabla 3.17 y en Anexo: Tabla B y Tabla D).

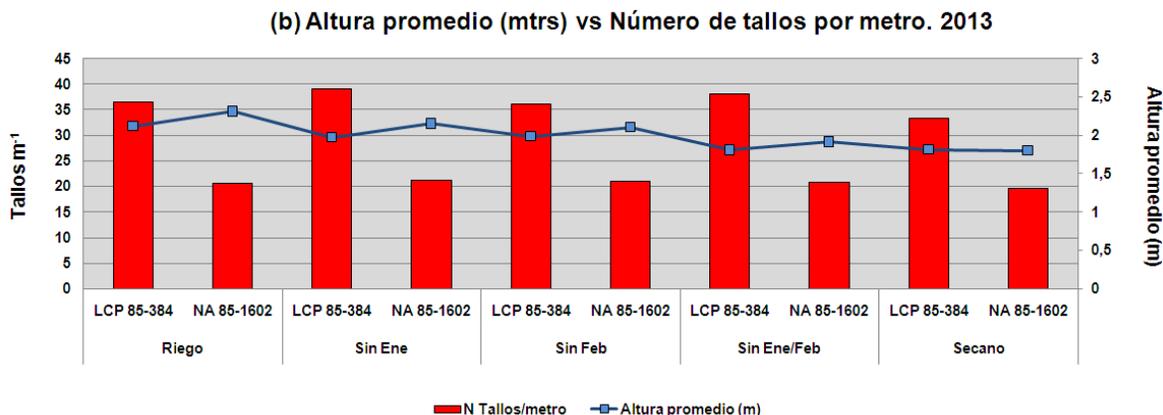


Figura 3.5b - Relación entre las variables “Número de Tallos m lineal⁻¹” y la “Altura promedio de Tallos”. Campaña 2012/2013.

Tabla 3.17 - Análisis de correlación entre las variables “Altura” y “Número de tallos”, para ambas variedades y campañas.

Correlación (r) entre las variables "Altura" y Número de tallos		
Campaña	LCP 85-384	NA 85-1602
2011/2012	0,77	0,99
2012/2013	0,47*	0,58

* Los valores marcados con asterisco (< 0,5) corresponden a correlaciones no significativas.

Los resultados obtenidos durante el primer año de análisis, donde el estrés hídrico fue mayor, coinciden con los obtenidos por Silva *et al.* (2008), quienes determinaron que la APT tiene correlación significativa con el número de TaM. En cambio, durante el segundo año (estrés hídrico menor) la correlación no fue significativa en la variedad LCP 85-384.

3.4.6 Peso Promedio de Tallos (PPT)

El “Peso promedio de tallos” estuvo muy influenciado por la condición hídrica de los distintos tratamientos a los que se sometió al cultivo (Fig. 3.6). Además se observa que en ambas variedades los mayores PPT y diferencias entre los distintos tratamientos ocurrieron durante el primer año de estudio (Tabla 3.18a).

Tabla 3.18 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Peso Promedio Tallos⁻¹, para cada tratamiento y para cada variedades. A) Campaña 2011/2012 y B) Campaña 2012/2013.

a - Análisis de la varianza. Peso tallo ⁻¹ . 2011/2012 ($p < 0,05$)					
Variedad	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
LCP 85-384	C	BC	C	B	A
NA 85-1602	C	C	BC	B	A

b - Análisis de la varianza. Peso tallo ⁻¹ . 2012/2013 ($p < 0,05$)					
Variedad	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
LCP 85-384	A	A	A	A	A
NA 85-1602	A	A	A	A	A

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Analizando los valores obtenidos para la variedad LCP 85-384 en ambas campañas en el tratamiento “Riego” se lograron los mayores PPT. Las mayores diferencias en ambas campañas fueron alcanzadas entre el tratamiento “Riego” y “Secano”. Fueron más marcadas durante el primer año. En este caso, el cultivo sin riego generó tallos cuyos PPT disminuyeron un 46,2% respecto del tratamiento “Riego”. En el resto la disminución fue

del 12,3%, 9,1%, 26% para los tratamientos “Sin riego en enero”, “Sin riego en febrero” y “Sin riego en enero y febrero”, respectivamente (Tabla 3.19a).

Tabla 3.19a – Porcentajes de reducción del Peso Promedio Tallo⁻¹, respecto a lo obtenido para el tratamiento “Riego”, en la variedad LCP 85-384, durante la primera campaña.

Porcentaje de reducción del Peso tallo ⁻¹ , respecto a lo obtenido en el tratamiento de "Riego". LCP 85-384. Campaña 2011/2012.	
Tratamiento	LCP 85-384
Sin/Ene	12,3
Sin/Feb	9,1
Sin/Ene-Feb	26,0
Secano	46,2

En la segunda campaña, LCP 85-384 tuvo un menor PPT en cada tratamiento, respecto de la primera (Fig. 3.6). Estas diferencias fueron significativas en todos los tratamientos a excepción del de “Secano” (Tabla 3.20a).

Tabla 3.20a - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Peso Promedio Tallo⁻¹, entre ambas campañas y para cada tratamiento. LCP 85-384.

a - Análisis de la varianza. Peso tallo-1. LCP 85-384 ($p < 0,05$)		
Peso tallo-1. LCP 85-384 ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	B	A
Sin riego en ene.	B	A
Sin riego en feb.	B	A
Sin riego en ene-feb.	B	A
Secano.	A	A

(Campañas con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Durante la segunda campaña también hubo diferencias en los PPT entre los distintos tratamientos (Fig. 3.6). Pero estas diferencias no fueron significativas (Tabla 3.18b). A diferencia de lo ocurrido durante la primera campaña, el tratamiento “Sin riego en enero y febrero” evidenció la mayor reducción respecto al tratamiento “Riego”. Esta diferencia fue del 20,9% (Tabla 3.19b). Este efecto puede deberse a que el cultivo bajo este tratamiento durante la segunda campaña logró un mayor número de tallos por metro lineal, lo que puede haber afectado al PPT. Esto concuerda con lo expresado por Silva *et al.* (2008), quienes determinaron que el número de tallo se correlaciona negativamente con el diámetro de tallos y en menor medida con el peso individual de cada uno de ellos.

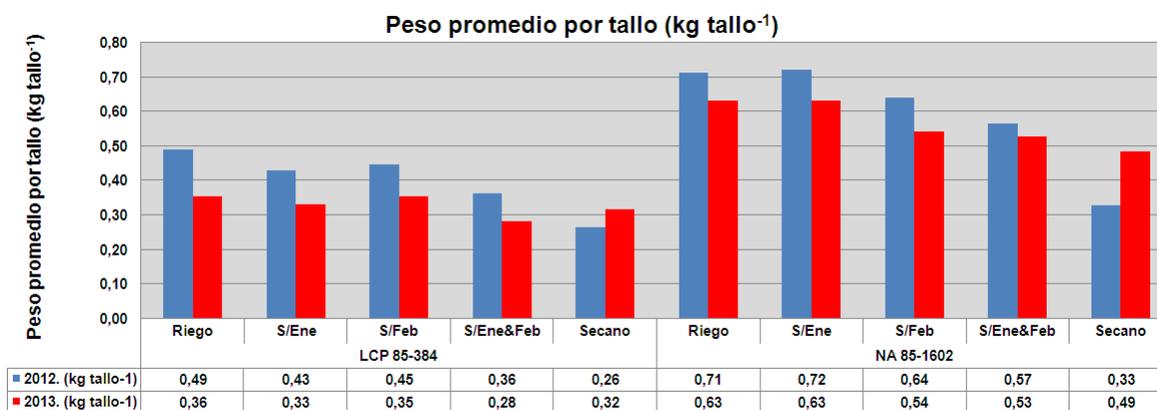


Figura 3.6 - Peso Promedio por Tallo para las variedades LCP 85-384 y NA 85-1602 de acuerdo con los distintos tratamientos planteados.

Tabla 3.19b – Porcentajes de reducción del Peso Promedio Tallo⁻¹, respecto a lo obtenido para el tratamiento “Riego”, en la variedad LCP 85-384, durante la segunda campaña.

Porcentaje de reducción del Peso tallo ⁻¹ , respecto a lo obtenido en el tratamiento de "Riego". LCP 85-384. Campaña 2012/2013	
Tratamiento	LCP 85-384
Sin/Ene	7,1
Sin/Feb	0,7
Sin/Ene-Feb	20,9
Secano	10,5

Para el resto de los tratamientos evaluados las reducciones en peso respecto al tratamiento de “Riego” fueron del 7,1%, 0,7% y del 10,5% para los tratamientos “Sin riego en enero”, “Sin riego en febrero” y “Secano”, respectivamente.

Al igual que en el caso anterior, en NA 85-1602 durante la primera campaña se registraron los mayores PPT (Fig. 3.6), pero estas diferencias fueron significativas en los tratamientos “Sin riego en febrero” y “Secano”. Este último, logró un mayor PPT durante la segunda campaña, a diferencia del resto (3.20b).

Tabla 3.20b - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Peso promedio tallo⁻¹, entre ambas campañas y para cada tratamiento. NA 85-1602.

b - Análisis de la varianza. Peso tallo⁻¹. NA 85-1602 ($p < 0,05$)		
Peso tallo ⁻¹ . NA 85-1602 ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	B	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	B

(Campañas con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

En la primera campaña, no hubieron diferencias marcadas entre el PPT del tratamiento “Riego”, “Sin riego en enero” y “Sin riego en febrero” (Tabla 3.18a). En el resto de los tratamientos la disminución en peso respecto de lo registrado para el tratamiento de “Riego” fue de 20,6%, 53,7% para los tratamientos “Sin riego en enero y febrero” y “Secano” (Tabla 3.19c).

Tabla 3.19c – Porcentajes de Reducción del Peso Promedio Tallo⁻¹, respecto a lo obtenido para el tratamiento “Riego”, en la variedad NA 85-1602, durante la primera campaña.

Porcentaje de reducción del Peso tallo ⁻¹ , respecto a lo obtenido en el tratamiento de "Riego". NA 85-1602. Campaña 2011/2012.	
Tratamiento	NA 85-1602
Sin/Ene	* -1,5
Sin/Feb	9,8
Sin/Ene-Feb	20,6
Secano	53,7

* Los valores negativos (en color rojo) corresponden a incrementos en el Peso promedio tallo⁻¹ respecto del tratamiento de “Riego”.

En la segunda campaña, en esta variedad y al igual que en el caso de LCP 85-384, hubo menor diferencia en los pesajes de tallos de los distintos tratamientos (Fig. 3.6 y Tabla 3.18b). En este caso, se distingue lo ocurrido en el tratamiento “Sin riego en enero”, donde el PPT fue igual al registrado en el tratamiento de “Riego”. Para el resto la reducción del riego influyó en el PPT. Esta reducción fue del 14,3%, 15,9% y del 22,2% para los tratamientos “Sin riego en febrero”, “Sin riego en enero y febrero” y para la condición de “Secano”, respectivamente (Tabla 3.19d).

Tabla 3.19d – Porcentajes de Reducción del Peso Promedio Tallo⁻¹, respecto a lo obtenido para el tratamiento “Riego”, en la variedad NA 85-1602, durante la segunda campaña.

Porcentaje de reducción del Peso tallo ⁻¹ , respecto a lo obtenido en el tratamiento de "Riego". NA 85-1602. Campaña 2012/2013.	
Tratamiento	NA 85-1602
Sin/Ene	0,1
Sin/Feb	14,3
Sin/Ene-Feb	16,5
Secano	23,3

Comparando lo ocurrido en ambas variedades, LCP 85-384 tuvo un menor PPT que su par NA 85-1602. Esta diferencia fue siempre significativa en todos los tratamientos planteados (a excepción del tratamiento de “Secano” durante la primera campaña, donde el estrés hídrico sufrido hizo que el PPT evaluado sea semejante entre ambas variedades estudiadas) (Tabla 3.21). Esto radica en que LCP 85-384 posee un diámetro delgado en sus tallos (Chavanne *et al.*, 1998). En cambio, NA 85-1602 se caracteriza por presentar tallos más gruesos (Asociación Civil Mesa Azucarera Santafesina y COET, 2010).

Tabla 3.21 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Peso Promedio Tallo⁻¹, entre ambas variedades y para cada tratamiento. A) Campaña 2011/2012. B) Campaña 2012/2013.

a- Análisis de la varianza. Peso tallo-1. LCP 85-384 y NA 85-1602. 2011/2012 ($p < 0,05$)		
Peso tallo-1. 2011/2012 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	B
Sin riego en ene.	A	B
Sin riego en feb.	A	B
Sin riego en ene-feb.	A	B
Secano.	A	A

b- Análisis de la varianza. Peso tallo-1. LCP 85-384 y NA 85-1602. 2012/2013 ($p < 0,05$)		
Peso tallo-1. 2012/2013 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	B
Sin riego en ene.	A	B
Sin riego en feb.	A	B
Sin riego en ene-feb.	A	B
Secano.	A	B

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Los resultados obtenidos durante la primera campaña, en ambas variedades, concuerdan con los determinados por Silva *et al.* (2008), quienes observaron que el PPT fue afectado por la cantidad de riego. El tratamiento en húmedo resultó en pesos más altos que el tratamiento en seco. Durante la segunda campaña esta diferencia no fue marcada (Tabla 3.18b).

Además coinciden con Da Silva y Da Costa (2004), quienes determinaron que la producción de caña de azúcar tuvo una correlación significativa y positiva con el peso de tallo cuando se consideraron los rendimientos en distintos regímenes de agua y, en condiciones de secano la producción de caña mostró correlaciones significativas positivas con el peso del tallo.

Es importante destacar lo ocurrido en la segunda campaña, en ambas variedades, bajo el tratamiento de secano. Los valores de PPT fueron superiores en un 20,5% y en un 47,2%, para las variedades LCP 85-384 y NA 85-1602, respectivamente y en relación a los registrados durante la primera campaña (Tabla 3.22). Puede deberse a que estos cultivos recibieron mayor aporte de humedad por las precipitaciones ocurridas durante el segundo año de análisis.

Tabla 3.22 – Porcentajes de Reducción del Peso Promedio Tallo⁻¹, en la segunda campaña respecto a lo obtenido en la primera, para cada tratamiento y en ambas variedades.

Porcentaje de reducción del Peso tallo ⁻¹ durante la segunda campaña, respecto de la primera.		
Tratamiento	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego	27,5	11,2
Sin/Ene	23,3	12,6
Sin/Feb	20,8	15,6
Sin/Ene-Feb	22,5	6,6
Secano	* -20,5	* -47,2

* Los valores negativos (en color rojo) corresponden a incrementos en el Peso promedio tallo⁻¹ durante la segunda campaña con respecto a lo obtenido durante la primera.

3.4.7 Relación entre el Rendimiento promedio de tallos (t ha⁻¹) (RPT) y la OHTA (mm)

Según los rendimientos promedios de tallos (RPT) obtenidos en los distintos tratamientos planteados se puede observar, en primer lugar, que en el tratamiento “Riego” durante el primer año de ensayos (Fig. 3.7a) la variedad LCP 85-384 obtuvo un RPT de 100,78 t ha⁻¹ y NA 85-1602 un promedio de 93,91 t ha⁻¹. Estos valores se encuentran por encima de los rendimientos promedio de la región, cuyos valores son de 45 t ha⁻¹ (Comunicación personal, COET, enero de 2011).

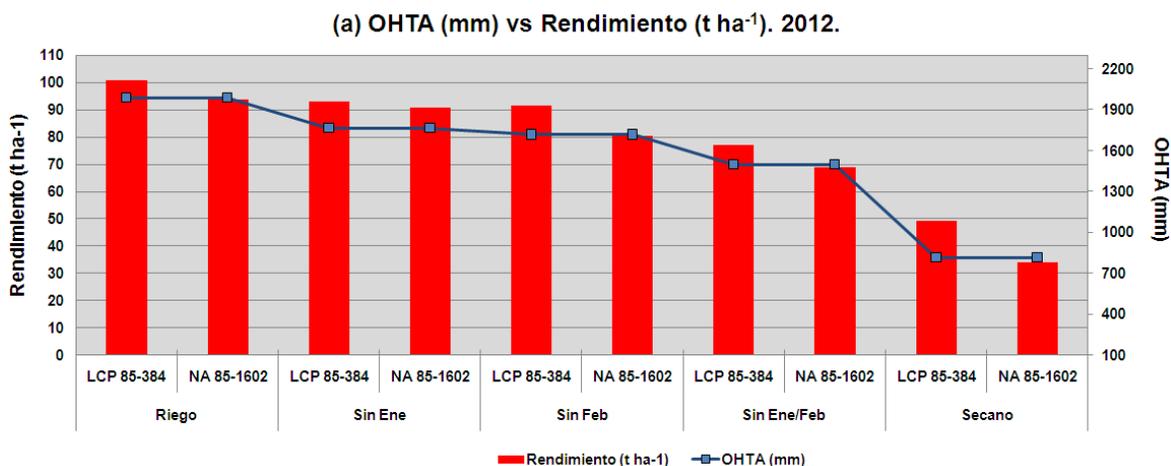


Figura 3.7a - Rendimiento Promedio de Tallos (t ha⁻¹) de acuerdo con los distintos tratamientos planteados. Campaña 2011/2012.

En relación con estos datos de producción, en aquellas parcelas donde el riego fue restringido durante el mes de enero LCP 85-384 mostró una reducción del RPT del orden del 7,6%, en cambio NA 85-1602 redujo sus rendimientos respecto a lo observado en el tratamiento “Riego” sólo en un 3,2% (Tabla 3.23).

Tabla 3.23 – Porcentajes de Reducción del Rendimiento de Tallos ha^{-1} , en los distintos tratamientos con respecto a los obtenidos en el de “Riego”, durante la primera campaña. A) LCP 85-384 y B) NA 85-1602.

a - Porcentaje de reducción del Rendimiento ha^{-1} , respecto a lo obtenido en el tratamiento de "Riego". LCP 85-384. Campaña 2011/2012.	
Tratamiento	LCP 85-384
Sin/Ene	7,6
Sin/Feb	9,1
Sin/Ene-Feb	23,7
Secano	51,2

b - Porcentaje de reducción del Rendimiento ha^{-1} , respecto a lo obtenido en el tratamiento de "Riego". NA 85-1602. Campaña 2011/2012.	
Tratamiento	NA 85-1602
Sin/Ene	3,2
Sin/Feb	14,5
Sin/Ene-Feb	26,8
Secano	63,7

Cuando el riego fue restringido durante el mes de febrero, los RPT decayeron en un 9,1% para el caso de la variedad LCP 85-384 y en un 14,5% en el caso de la variedad NA 85-1602 (Tabla 3.23). Es decir que en forma opuesta a lo observado para el tratamiento anterior, NA 85-1602 acentuó la reducción de sus RPT respecto a LCP 85-384 cuando el cultivo fue sometido a este tratamiento. En cambio, LCP 85-384 redujo en mayor grado sus RPT respecto a NA 85-1602 cuando el riego fue limitado durante el mes de enero. Estas reducciones en los RPT respecto a los tratamientos de riego no fueron significativas (Tabla 3.24a).

Tabla 3.24a - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Rendimiento de Tallos ha^{-1} , para cada tratamiento y para cada variedad. Campaña 2011/2012.

a - Análisis de la varianza. Rendimiento ha^{-1} . 2011/2012 ($p < 0,05$)					
Variedad	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
LCP 85-384	C	BC	BC	B	A
NA 85-1602	C	C	BC	B	A

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Para el tratamiento “Sin riego en enero y febrero” los porcentajes de reducción de los RPT superaron, en ambas variedades, el 20%. LCP 85-384 bajo este tratamiento registró un rendimiento promedio de $76,88 t ha^{-1}$, es decir, presentó una reducción del 23,7%

respecto del tratamiento "Riego". En cambio, NA 85-1602 obtuvo un RPT de 68,75 t ha⁻¹, esto implica una reducción del 26,8% respecto a lo que obtuvo esta variedad en el tratamiento de "Riego" (Fig. 3.7a y Tablas 3.23). En ambas variedades, este tratamiento se diferenció significativamente respecto del de "Riego" y del de "Secano". En NA 85-1602 también se diferenció con el tratamiento "Sin riego en enero" (Tabla 3.24a).

En la situación de "Secano" las mermas en los rendimientos alcanzaron el 51,2% en la variedad LCP 85-384 y el 63,7% para la variedad NA 85-1602 (Tabla 3.23). Es decir, en este tratamiento LCP 85-384 obtuvo un RPT de 49,22 t ha⁻¹ y NA 85-1602 un promedio de 34,06 t ha⁻¹ (Fig. 3.7a). Estos valores concuerdan con Gosal *et al.*, 2009; Morison *et al.*, 2008; Da Silva y Da Costa 2004, quienes determinaron que el estrés hídrico es el principal factor que puede limitar el rendimiento potencial de los cultivos hasta en un 70%.

Comparando ambas variedades entre sí se observó que no hubieron diferencias significativas en los distintos tratamientos (Tabla 3.25a).

Tabla 3.25a - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Rendimiento de Tallos ha⁻¹, entre ambas variedades y para cada tratamiento. Campaña 2011/2012.

a- Análisis de la varianza. Rendimiento ha-1. LCP 85-384 y NA 85-1602. 2011/2012 ($p < 0,05$)		
Rendimiento ha-1. 2011/2012 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Durante la segunda campaña (Fig. 3.7b), los valores de RPT en la situación de riego durante todo el ciclo fueron de 81,09 t ha⁻¹ para la variedad LCP 85-384 y de 81,25 t ha⁻¹ para la variedad NA 85-1602.

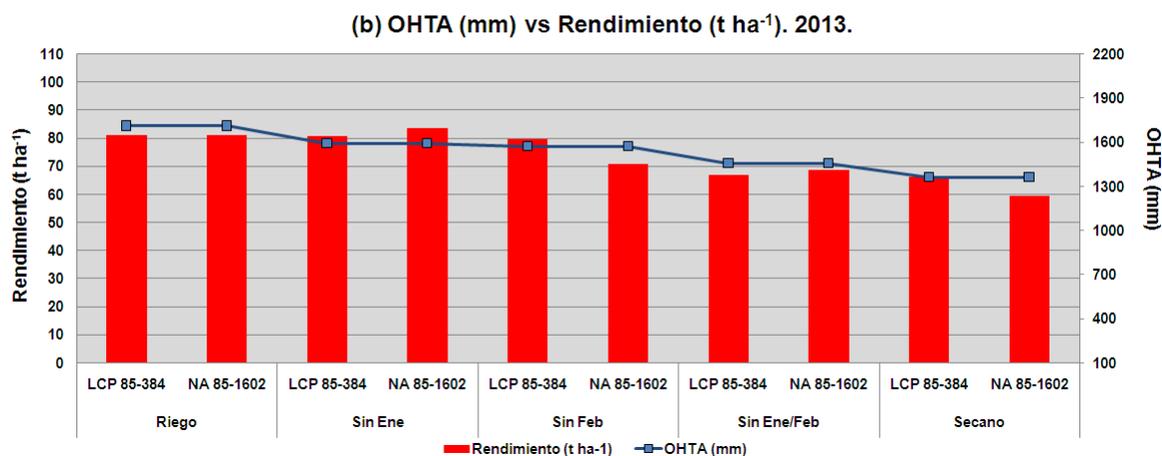


Figura 3.7b - Rendimiento Promedio de Tallos (t ha⁻¹) de acuerdo con los distintos tratamientos planteados. Campaña 2012/2013.

Las mermas en los RPT se observaron a partir de que se hizo efectiva la restricción hídrica durante el mes de febrero. En este caso, LCP 85-384 redujo sus RPT en un 1,9% y NA 85-1602 en 13,1% (Tabla 3.26). Es decir que, bajo este tratamiento, los rendimientos alcanzados fueron de 79,53 t ha⁻¹ en la variedad LCP 85-384 y, de 70,63 t ha⁻¹ en la variedad NA 85-1602 (Fig. 3.7b).

Tabla 3.26 – Porcentajes de Reducción del Rendimiento de Tallos ha^{-1} , en los distintos tratamientos con respecto a lo obtenido en el de “Riego”, durante la segunda campaña. A) LCP 85-384 y B) NA 85-1602.

a - Porcentaje de reducción del Rendimiento ha^{-1} , respecto a lo obtenido en el tratamiento de "Riego". LCP 85-384. Campaña 2012/2013.	
Tratamiento	LCP 85-384
Sin/Ene	0,4
Sin/Feb	1,9
Sin/Ene-Feb	17,5
Secano	18,3

b - Porcentaje de reducción del Rendimiento ha^{-1} , respecto a lo obtenido en el tratamiento de "Riego". NA 85-1602. Campaña 2012/2013.	
Tratamiento	NA 85-1602
Sin/Ene	* -2,7
Sin/Feb	13,1
Sin/Ene-Feb	15,4
Secano	26,7

* Los valores negativos (en color rojo) corresponden a incrementos en el Rendimiento de tallos ha^{-1} respecto a lo obtenido para el tratamiento de “Riego”.

En el tratamiento “Sin riego en enero y febrero” los porcentajes de pérdida del rendimiento fueron del 17,5% para la variedad LCP 85-384 y del 15,4% para la variedad NA 85-1602, respecto a lo obtenido en el tratamiento “Riego” (Tabla 3.26). Esto quiere decir que los rendimientos logrados bajo este tratamiento fueron de $66,88 \text{ t ha}^{-1}$ y de $68,7 \text{ t ha}^{-1}$ para LCP 85-384 y NA 85-1602, respectivamente (Fig. 3.7b).

En los tratamientos bajo la situación de “Secano”, durante esta campaña, los RPT fueron de $66,25 \text{ t ha}^{-1}$ y de $59,53 \text{ t ha}^{-1}$, esto significa una reducción del 18,3% y 26,7% en las variedades LCP 85-384 y NA 85-1602, correspondientemente (Tabla 3.26).

En esta campaña sólo se diferenciaron significativamente del tratamiento de “Riego”, en la variedad LCP 85-384, los tratamientos “Sin riego en enero y febrero” y el de “Secano”. En cambio, en NA 85-1602 sólo se diferenció con el tratamiento de “Secano” (Tabla 3.24b).

Tabla 3.24b - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Rendimiento de Tallos ha^{-1} , para cada tratamiento y para cada variedad. Campaña 2012/2013.

b - Análisis de la varianza. Rendimiento ha^{-1} . 2012/2013 ($p < 0,05$)					
Variedad	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
LCP 85-384	B	B	B	A	A
NA 85-1602	B	B	AB	AB	A

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Analizando las diferencias entre ambas variedades, durante el segundo año de ensayos, se observó que únicamente la variedad LCP 85-384 sometida al tratamiento “Sin riego en febrero” tuvo un RPT significativamente mayor al que obtuvo su par NA 85-1602 (Tabla 3.25b). Esta diferencia fue de 9 t ha^{-1} .

Tabla 3.25b - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Rendimiento de Tallos ha^{-1} , entre ambas variedades y para cada tratamiento. Campaña 2012/2013.

b - Análisis de la varianza. Rendimiento ha^{-1} . LCP 85-384 y NA 85-1602. 2012/2013 ($p < 0,05$)		
Rendimiento ha^{-1} . 2012/2013 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	B	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Durante esta campaña también es importante destacar que las mermas en el RPT respecto a lo obtenido en los tratamientos de riego fueron menores si lo relacionamos con lo ocurrido durante la primera campaña. Esto puede deberse a que en el transcurso del segundo año de ensayos la oferta hídrica por precipitaciones fue mayor.

Durante el segundo año de análisis (Fig. 3.7b), los RPT alcanzados fueron significativamente menores a los registrados durante la primera campaña en los tratamientos de “Riego” y “Sin riego en enero” en la variedad LCP 85-384 y en el tratamiento “Sin riego en febrero” en la variedad NA 85-1602 (Tabla 3.27). Si bien, durante la segunda campaña, la variable “Número de tallos m lineal^{-1} ” fue, en promedio de todos los tratamientos planteados, mayor que lo observado en la primera, el peso promedio de tallos fue menor que lo registrado durante el primer año de ensayos. Esto pudo influir en el rendimiento final del cultivo.

Tabla 3.27 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Rendimiento de Tallos ha^{-1} , entre ambas campañas y para cada tratamiento. A) LCP 85-384 y B) NA 85-1602.

a - Análisis de la varianza. Rendimiento ha^{-1} . LCP 85-384 ($p < 0,05$)		
Rendimiento ha^{-1} . LCP 85-384 ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	B	A
Sin riego en ene.	B	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	B

b - Análisis de la varianza. Rendimiento ha-1. NA 85-1602 (p<0,05)		
Rendimiento ha-1. NA 85-1602 (p<0,05)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	B	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	B

(Campañas con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

En el tratamiento de “Secano” se observó un incremento significativo en cuanto al RPT ha⁻¹ del cultivo en ambas variedades (Tabla 3.27). Esto fue debido a que, durante la segunda campaña, la oferta hídrica fue mayor.

Estos resultados concuerdan con Inman-Bamber y Smith (2005), quienes consideran el agua como el factor límite de la producción de caña de azúcar, ya que a medida que aumenta la disponibilidad el cultivo expresa su potencial productivo con diferentes respuestas entre variedades.

3.4.8 Porcentaje de Reducción del Rendimiento y de la OHTA con respecto al tratamiento de “Riego”

En promedio, en el transcurso de las dos campañas evaluadas (Fig. 3.8), el tratamiento de “Riego durante todo el ciclo” recibió un total de 1848 mm de agua (precipitaciones + riego). Con estos valores de OHTA el cultivo produjo un rendimiento promedio de 90,94 t ha⁻¹ en la variedad LCP 85-384 y un tonelaje promedio de 87,58 t ha⁻¹ para el caso de la variedad NA 85-1602.

Ahora bien, considerando como el cien por ciento estos valores de OHTA y rendimientos del tratamiento “Riego durante todo el ciclo” se puede realizar una comparación porcentual y determinar qué grado de reducción acusa el rendimiento frente a una disminución en la OHTA presentada para cada tratamiento.

En la Fig. 3.8, bajo el tratamiento “Sin riego en enero”, la disminución de la OHTA fue del 9%. Esta disminución ocasionó un merma del 4% para la variedad LCP 85-384 y del 0,2% en NA 85-1602 (Tabla 3.28).

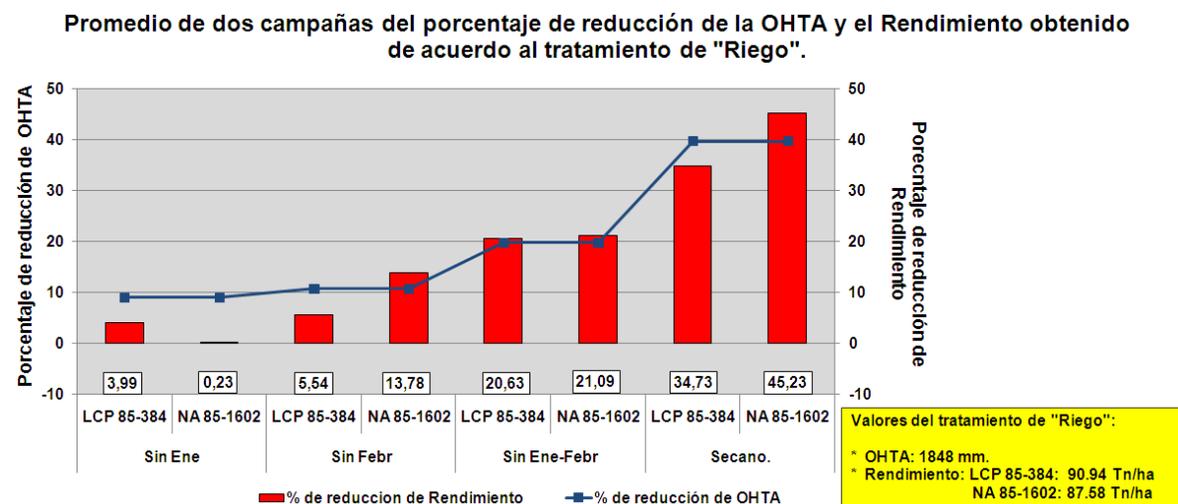


Figura 3.8 - Promedio de dos campañas del Porcentaje de Reducción de la OHTA y el Rendimiento de Tallos obtenido de acuerdo con el tratamiento “Riego”.

Tabla 3.28 – Porcentajes de reducción del Rendimiento de Tallos ha^{-1} Promedio de dos campañas y de la Oferta Hídrica Total Acumulada en los distintos tratamientos con respecto a lo obtenido en el de “Riego”.

Porcentaje de Reducción del Rendimiento ha^{-1} promedio de dos campañas y de la oferta hídrica acumulada por cada tratamiento, respecto al tratamiento de "Riego".			
Tratamiento	LCP 85-384	NA 85-1602	Oferta hídrica acumulada
Sin/Ene	4,0	0,2	9,0
Sin/Feb	5,5	13,8	10,7
Sin/Ene-Feb	20,6	21,1	19,7
Secano	34,7	45,2	39,7

Cuando la restricción hídrica ocurrió durante el mes de febrero el cultivo dejó de percibir un 10,7% de la OHTA. Bajo esta condición, la variedad LCP 85-384 tuvo una merma del 5,5% a diferencia de NA 85-1602, quien sufrió una reducción del 13,8% (Tabla 3.28).

En cambio, en el tratamiento “Sin riego en enero y febrero” el cultivo contó con un 19,7% menos de OHTA. Esto originó que los rendimientos decaigan en un 20,6% en la variedad LCP 85-384 y un 21,1% en la variedad NA 85-1602 (Tabla 3.28).

En el tratamiento que no recibió riego en ningún momento, es decir, en el tratamiento de “Secano”, las reducciones en rendimientos fueron las mayores registradas. LCP 85-384 exhibió una merma del 34,7% y NA 85-1602 del 45,2%. Estos porcentajes fueron obtenidos cuando la OHTA se restringió en un 39,7% (Tabla 3.28).

Estos dos últimos casos concuerdan con lo observado por Wiedenfeld (1995), quien determinó que cuando la disponibilidad de agua a lo largo del ciclo del cultivo estaba reducida en 25% y 43% las reducciones del rinde fueron del 30% y el 53%, respectivamente. Pero a diferencia de lo expresado por este autor, y coincidiendo con los estudios publicados por Wiedenfeld (2000), cuando la reducción del agua disponible ocurre en un período de 6 semanas, coincidentes con la etapa de mayor demanda de ET y la fase de gran crecimiento, estos valores de reducción del rendimiento pueden llegar a ser alcanzados.

Mediante este análisis se observa que el comportamiento de ambas variedades es diferente ante una reducción de la OHTA durante los meses de enero y febrero. Una limitación en la OHTA (reducción promedio de 166,3 mm) durante el mes de enero tiene una mayor consecuencia en el rendimiento de la variedad LCP 85-384, la cual acusó una disminución promedio, en ambas campañas, de 3,62 t ha^{-1} respecto a lo registrado en tratamiento “Riego”. En cambio, la variedad NA 85-1602, ante la misma situación hídrica, arrojó una merma del rendimiento de sólo 0,2 t ha^{-1} , en promedio de ambas campañas evaluadas.

Cuando la disminución de la OHTA se produjo durante el mes de febrero (reducción de 198 mm respecto a lo percibido en el tratamiento “Riego”) las consecuencias en el rendimiento fueron mayores en la variedad NA 85-1602. En esta situación, esta variedad perdió 12,06 t ha^{-1} en rendimiento respecto a lo observado en la misma variedad y sometida a condiciones óptimas de humedad. En cambio, LCP 85-384, ante la misma situación hídrica limitante, redujo sus rendimientos sólo en 5,03 t ha^{-1} respecto a lo observado en la misma variedad sometida al tratamiento “Riego”.

A partir de lo expuesto (promedio de datos de dos campañas consecutivas) se llega a la conclusión de que ambas variedades toleran en mayor medida un estrés hídrico ocurrido durante el mes de enero. En este sentido, LCP 85-384 presentó mayor cantidad de tallos, pero sus pesos y la altura de los mismos se redujeron respecto a los registrados en el tratamiento “Riego”. En cambio, cuando la restricción hídrica recayó sobre el mes de febrero las reducciones también se hicieron efectivas en la variable número de tallos y la merma del rendimiento fue mayor.

NA 85-1602 podría afrontar en mejor medida un estrés durante el mes de enero, ya que no hubieron diferencias marcadas en el número de tallos y sus pesos respecto a lo registrado en el tratamiento de Riego. En cambio, cuando la restricción hídrica ocurrió durante el mes de febrero, la variable que mayormente se vio afectada es la de peso de tallos. En este caso, las reducciones en el rendimiento son menores en la variedad LCP 85-384.

Estos resultados concuerdan con lo expresado por Soopramanien *et al.* (1992), quienes manifestaron que el estrés hídrico debe ser evitado después de la fase de macollaje porque afecta al número y a la altura de tallos molibles, lo que produce una disminución en los rendimientos del cultivo.

Para los tratamientos de mayor restricción hídrica la merma en el rendimiento fue siempre mayor en la variedad NA 85-1602, siendo superior las diferencias en el tratamiento “Secano”, respecto a lo observado en los tratamientos “Riego”.

3.5 Consideraciones Generales y Conclusión

La OHTA, de acuerdo con los tratamientos planteados, ha tenido diferentes grados de inferencia en las distintas variedades y variables medidas que en este capítulo se exponen.

Se propone concluir a través del porcentaje de reducción o incremento que cada variable experimentó entre una campaña y otra y, a su vez, comparar lo registrado para el tratamiento de “Riego” (valor asignado como el ciento por ciento) con lo observado en cada uno de los tratamientos restantes.

Para la variable “Número de macollos por metro lineal”, la variedad “LCP 85-384”, durante la segunda campaña, registró una merma entre el 25,9% y el 30,8% por debajo de lo registrado en la primera campaña. Esto no tuvo mayor incidencia en la variable “Número de tallos molibles por metro lineal” ya que no se registraron mayores diferencias entre los distintos tratamientos planteados. Sí fue notable que en la mayoría de los tratamientos y en ambas variedades el “Número de tallos molibles por metro lineal (con excepción al tratamiento de riego en la variedad NA 85-1602, donde el valor se mantuvo) fue superior durante la segunda campaña. Estas diferencias fueron marcadas en el tratamiento “Sin riego en enero” y “Secano”, para las variedades LCP 85-384 y NA 85-1602, respectivamente.

La variable que mayor incidencia tuvo en el rendimiento final de cada tratamiento fue el “Peso promedio de tallos”. Esta variable, en los diferentes tratamientos hídricos planteados, mermó durante la segunda campaña entre un 27,5% y un 20,8% en la variedad LCP 85-384 y entre un 6,6% y un 15,6% en la variedad NA 85-1602 (exceptuado en los tratamientos de “Secano” de ambas variedades donde se produjo un aumento del 20,5%, para la variedad LCP 85-384 y, del 47,2%, para la variedad NA 85-1602 durante la segunda campaña, respecto de la primera, por efecto de las precipitaciones ocurridas).

LCP 85-384 bajo la condición de riego óptimo y haciendo un promedio de lo registrado en ambas campañas logró un “Peso promedio de tallos” de 0,42 kg/tallo. Se observó que

para esta variedad una restricción del riego durante el mes de enero significó una merma del 10,1% en el peso de tallos. Cuando la variedad fue sometida a una restricción del riego durante el mes de febrero redujo su peso promedio en un 5,6%. Del mismo modo, cuando no fue regada durante los meses de enero y febrero la merma alcanzó en promedio el 23,9%. Por último, acusó la mayor reducción del peso de sus tallos bajo la situación de "Secano". Esta situación implicó una disminución del 30,2% respecto de lo observado en el tratamiento "Riego".

En la variedad NA 85-1602, en el tratamiento "Riego" obtuvo un "Peso promedio de tallos" de 0,67 kg. Relacionando este valor con los obtenidos en el tratamiento "Sin riego en enero" se vio que esta variable no acusó variación. En cambio, para los tratamientos "Sin riego en febrero", "Sin riego en enero y febrero" y "Secano" se registraron mermas del 11,9%, 18,7% y 39,4%, respectivamente.

La variable "Rendimiento de tallos por hectárea", la cual es función del peso y el número de tallos, en LCP 85-384, cuando fue sometida en promedio de dos campañas al tratamiento "Sin riego en enero", redujo su rendimiento en un 4% respecto del tratamiento "Riego". Al restringir el riego durante el mes de febrero el cultivo redujo su rendimiento en 5,5%. Estas reducciones alcanzaron el 20,6% cuando el cultivo fue sometido a una restricción del riego durante los meses de enero y febrero. Sin embargo, la mayor pérdida del rendimiento fue registrada en el tratamiento "Secano". Allí alcanzó el 34,7%.

NA 85-1602 manifestó una disminución del 0,2% en sus rendimientos cuando fue sometida al tratamiento "Sin riego en enero". La merma fue del 13,8% cuando la restricción del riego fue durante el mes de febrero. En cambio, la reducción del rendimiento alcanzó el 21,1% cuando al cultivo se le fue impuesto una reducción del riego durante los meses de enero y febrero. Sin riego, el cultivo experimentó una disminución de sus rendimientos del orden del 45,2%.

Se concluye que ante una restricción en la OHTA, durante el mes de enero, la variedad NA 85-1602 tiene un mejor comportamiento compensatorio sobre la población de tallos y sus pesos con respecto a la variedad LCP 85-384. En cambio si la OHTA se restringe durante el mes de febrero, LCP 85-384, compensa en mejor medida que su par NA 85-1602 y, ante una reducción del riego durante los dos meses en cuestión NA 85-1602 es la que se ve más afectada. En la situación de secano, la más perjudicada fue NA 85-1602, registrando los mayores porcentajes de reducción (en promedio para las dos campañas) obtenidos para cada variable.

CAPÍTULO 4

Impacto de diferentes niveles de OHTA en el contenido de sacarosa y en la maduración del cultivo

4.1 Introducción

La caña de azúcar representa el cultivo más importante en la producción de endulzantes en el mundo. Además la producción de azúcar provee subproductos como el etanol para uso energético, etanol hidratado (con 4 ó 5% de agua) para motores de explosión, generación de energía eléctrica y materia prima para alimentación animal (Díaz Montejo y Portocarrero Rivera, 2002).

Una de las primeras respuestas del cultivo frente al déficit hídrico es el cierre parcial de sus estomas. Sin embargo, el cierre de estomas también restringe el intercambio de gases entre el interior de la hoja y la atmósfera, provocando una reducción en la asimilación de CO₂, la fotosíntesis, la producción y acumulación de asimilados y sacarosa (Bamber-Inman y Smith, 2005, Gava *et al.*, 2010; Silva y Pincelli, 2010).

Es decir que la OHTA favorece el desarrollo de la planta, en gran medida en el alto nivel de crecimiento, que promueve un mejor uso de la luz del sol para la fotosíntesis (Inman-Bamber y Smith, 2005). De hecho, el aumento de la disponibilidad de agua favorece la acumulación progresiva de sacarosa en las células isodiamétricas del tejido parenquimatoso del tallo. Esto es reflejado por el alto valor Brix, ya que la sacarosa se comporta como un sólido soluble en el jugo y su aumento se ha traducido en un aumento de Brix en jugos (Silva *et al.*, 2014).

Dependiendo de la severidad del estrés hídrico, puede variar la distribución de la biomasa entre los diferentes componentes (con el consiguiente efecto en el contenido de sacarosa y rendimiento) y/o la acumulación de biomasa podría reducirse, con la consiguiente caída de la producción de caña (Singels *et al.*, 2000).

Es por eso que en este estudio se plantea determinar el impacto de los diferentes niveles OHTA, en los distintos momentos propuestos, en el contenido de sacarosa y en la maduración del cultivo.

4.2 Objetivo Específico

- Determinar el impacto de diferentes niveles de OHTA sobre el contenido de sacarosa y en la maduración del cultivo.

4.3 Materiales y Métodos

En el capítulo 2 fueron descriptos detalladamente los experimentos llevados a cabo para alcanzar el objetivo planteado. En este capítulo, para cumplir con el objetivo propuesto, se determinaron las siguientes variables:

- Maduración. Se evaluó semanalmente durante la fase de maduración (marzo a junio). Para su determinación a campo se extrajeron tres tallos al azar de cada parcela experimental. De los mismos se diseccionaron entrenudos de la porción inferior, media y superior. De estas porciones se extrajeron sus correspondientes jugos y con un brixómetro de bolsillo, cuya unidad de medida es grados brix, se determinó el grado de maduración.

- **Contenidos de Jugos:** Se determinó, en primer lugar, por diferencias de pesos húmedo y seco el contenido promedio de humedad de tres tallos tomados al azar de cada parcela experimental. Posteriormente, a ese valor promedio de humedad de tallo y por medio de la densidad de los jugos extraídos (determinada a través de un densímetro a 20°C) se calculó el promedio de los litros de jugos concentrados en un tallo.

- **Contenido de sacarosa:** Para ello se recolectaron veinte tallos al azar de cada parcela experimental. En laboratorio, en primer lugar, se extrajeron los jugos de los tallos mediante un trapiche eléctrico. Seguidamente, se sometieron los jugos a un primer proceso de filtrado físico (mediante el uso de mallas metálicas), luego a un filtrado químico (utilizando subacetato de plomo como aglutinante de impurezas) y, por último, a un segundo filtrado físico (por medio de filtros de papel). Una vez obtenida la solución final cristalina se llevó la muestra a un polarímetro donde se halló el porcentaje de sacarosa aparente (Pol %) y se determinó el contenido de azúcar. Para favorecer la maduración del cultivo (Inman-Bamber y McGlinchey, 2003), en este trabajo se propuso restringir el riego en la totalidad de los tratamientos a partir del 1 de abril hasta la cosecha (junio), aunque la necesidad hídrica del cultivo, durante este período, fue prácticamente cubierta por las precipitaciones.

4.4 Resultados y Discusión

4.4.1 Relación entre Oferta Hídrica Total Acumulada (OHTA) y Litros de Jugos (LJ)

Durante el procesado de las muestras se pudieron observar variaciones en el contenido de jugos en los tallos de los distintos tratamientos planteados. Es por ello que se planeó establecer la relación entre la OHTA para cada tratamiento y los LJ que los tallos de cada tratamiento poseían.

A través del análisis de la varianza de los resultados obtenidos durante el primer año (Fig. 4.1a), se observó que no hubieron diferencias significativas entre la variable “LJ ha⁻¹” en la variedad LCP 85-384. En cambio, sí las hubo en la variedad NA 85-1602, entre el tratamiento “Riego” y los tratamientos “Sin riego en enero y febrero” y “Secano” y entre los tratamientos “Secano” y el resto (Tabla 4.1a).

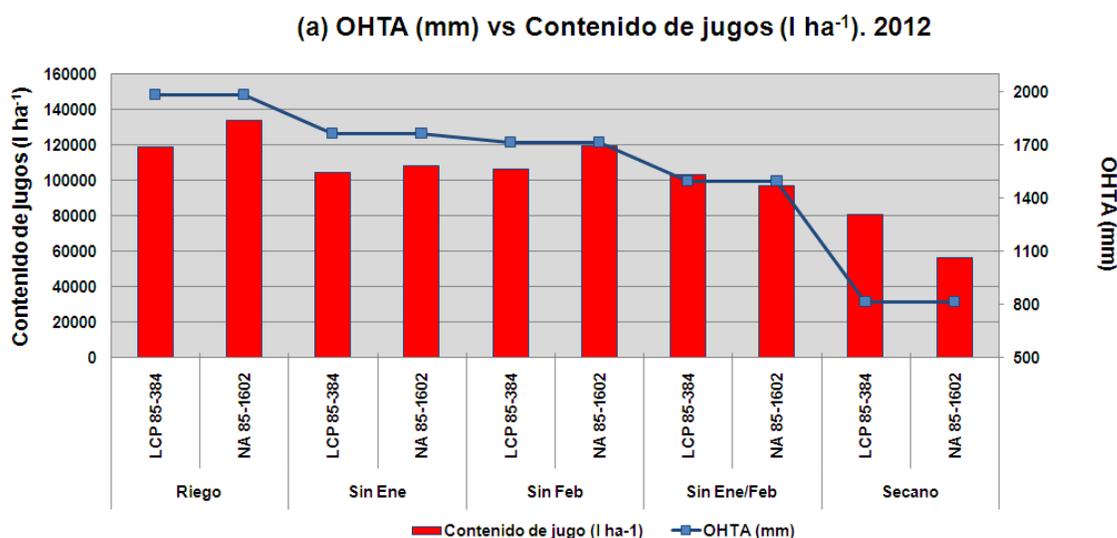


Figura 4.1a - Relación entre la OHTA y la cantidad de Litros de Jugos producidos en una hectárea, en ambas variedades y para la primera campaña.

Tabla 4.1a - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Litros de Jugos ($l\ ha^{-1}$), para cada tratamiento y para cada variedad. Campaña 2011/2012.

a - Análisis de la varianza. Litros de jugo ha^{-1} . 2011/2012 ($p < 0,05$)					
Variedad	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
LCP 85-384	A	A	A	A	A
NA 85-1602	C	BC	BC	B	A

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

En el primer año de análisis (Fig. 4.1a), en los tratamientos donde el cultivo recibió mayor riego, la variedad con más cantidad de LJ ha^{-1} fue NA 85-1602, y en los que la OHTA fue menor, la variedad LCP 85-384 tuvo mayor cantidad de LJ respecto a su par NA 85-1602. Pero estas diferencias no fueron significativas en ningún tratamiento (Tabla 4.2a). Este efecto puede ser atribuido a la conjunción de tres factores: por un lado, a características varietales, ya que NA 85-1602 presenta tallos más suculentos que LCP 85-384; por otro lado, puede deberse a un efecto en la madurez de los tallos. LCP 85-384, al comportarse como una variedad más precoz concentró con anterioridad sus jugos, aumentando su concentración de azúcar y; por último, LCP 85-384 al poseer mayor número de tallos $m\ lineal^{-1}$ (Figura 3.4a y 3.4b), compensó esas diferencias entre la cantidad de LJ obtenidos en la ha.

Tabla 4.2a - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Litros de Jugos ($l\ ha^{-1}$), entre ambas variedades y para cada tratamiento. Campaña 2011/2012.

a - Análisis de la varianza. Litros de jugo ha^{-1} . LCP 85-384 y NA 85-1602. 2011/2012 ($p < 0,05$)		
Litros de jugo ha^{-1} . 2011/2012 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Durante la segunda campaña (Fig. 4.1b) se pudo observar que en la variedad LCP 85-384, a comparación de la anterior, evidenció diferencias significativas entre los tratamientos “Riego” y “Secano”. Las mismas diferencias fueron observadas en la variedad NA 85-1602 (Tabla 4.1b).

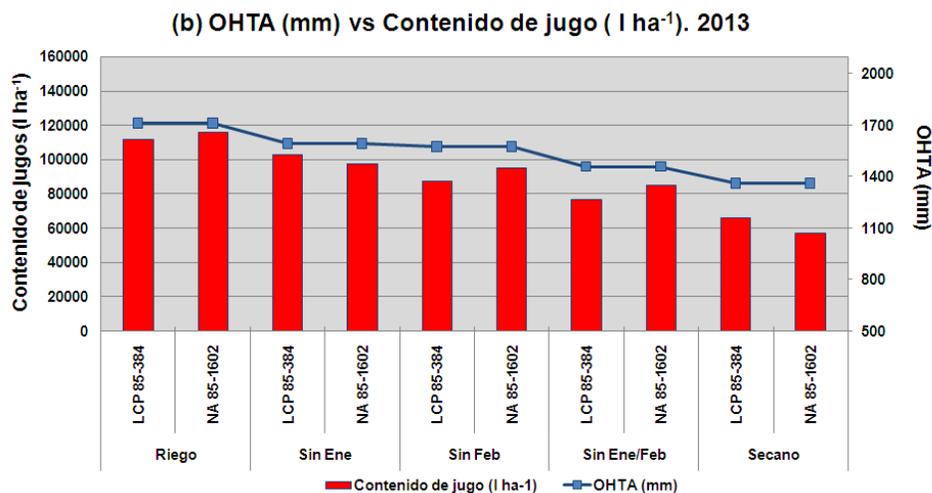


Figura 4.1b - Relación entre la OHTA y la cantidad de Litros de Jugos producidos en una hectárea, en ambas variedades y para la segunda campaña.

Tabla 4.1b - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Litros de Jugos ($l\ ha^{-1}$), para cada tratamiento y para cada variedad. Campaña 2012/2013.

b - Análisis de la varianza. Litros de jugo ha^{-1} . 2012/2013 ($p < 0,05$)					
Variedad	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
LCP 85-384	B	AB	AB	AB	A
NA 85-1602	B	AB	AB	AB	A

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

De acuerdo con la Figura 4.1b en el tratamiento “Sin riego en enero”, la variedad LCP 85-384 tuvo mayor cantidad de LJ ha^{-1} que su par NA 85-1602 y, en contraposición, NA 85-1602, bajo el tratamiento “Sin riego en enero y febrero”, fue la variedad que mayor cantidad de LJ ha^{-1} produjo. Estas diferencias no fueron considerables (Tabla 4.2b).

Tabla 4.2b - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Litros de Jugos ($l\ ha^{-1}$), entre ambas variedades y para cada tratamiento. Campaña 2012/2013.

b- Análisis de la varianza. Litros de jugo ha^{-1} . LCP 85-384 y NA 85-1602. 2012/2013 ($p < 0,05$)		
Litros de jugo ha^{-1} . 2012/2013 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Entre campañas tampoco se registraron diferencias significativas en los distintos tratamientos y en ambas variedades (Tabla 4.3a y 4.3b).

Tabla 4.3 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Litros de Jugo ($l\ ha^{-1}$), entre ambas campañas y para cada tratamiento. A) LCP 85-384 y B) NA 85-1602.

b - Análisis de la varianza. Litros de jugo ha^{-1} . NA 85-1602 ($p < 0,05$)		
Litros de jugo ha^{-1} . NA 85-1602 ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

a - Análisis de la varianza. Litros de jugo ha^{-1} . LCP 85-384 ($p < 0,05$)		
Litros de jugo ha^{-1} . LCP 85-384 ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

(Campañas con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Al evaluar el contenido de jugos por cada tallo (Fig. 4.1c) se observa que sólo hubieron diferencias significativas entre los tratamientos “Riego” y “Secano”, en ambas campañas, para la variedad NA 85-1602 (Tabla 4.4). Además, LCP 85-384 al concentrar sus jugos no evidenció diferencias entre los distintos tratamientos.

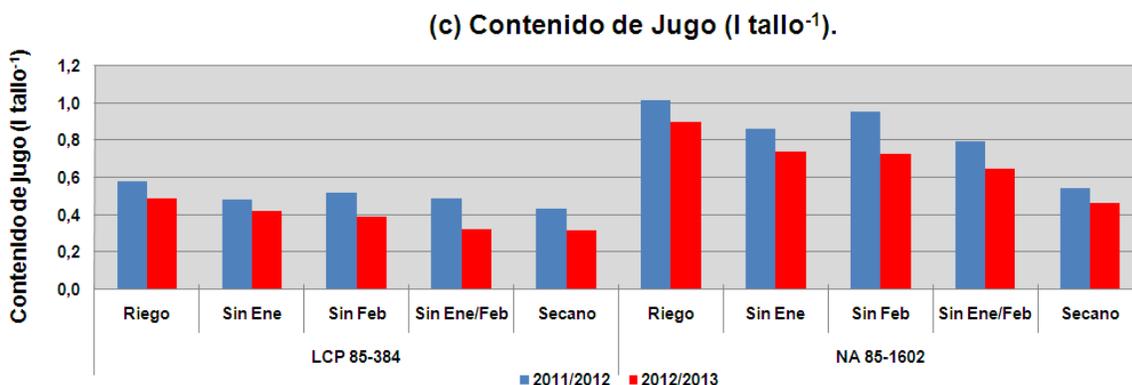


Figura 4.1c - Contenido de Jugo por Tallo (l tallo⁻¹) para cada tratamiento, en ambas variedades y campañas analizadas.

Tabla 4.4 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Litros de Jugos en Tallo (l tallo⁻¹), para cada tratamiento y para cada variedad. A) Campaña 2011/2012 y B) Campaña 2012/2013.

a - Análisis de la varianza. Litros de jugo tallo ⁻¹ . 2011/2012 ($p < 0,05$)					
Variedad	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
LCP 85-384	A	A	A	A	A
NA 85-1602	B	B	B	AB	A

b - Análisis de la varianza. Litros de jugo tallo ⁻¹ . 2012/2013 ($p < 0,05$)					
Variedad	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
LCP 85-384	A	A	A	A	A
NA 85-1602	B	AB	AB	AB	A

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Analizando el contenido de jugos por tallos, en ambas campañas (Fig. 4.1c), se pueden observar diferencias significativas entre una y otra variedad. Estas diferencias se deben, como se dijo anteriormente, a factores netamente varietales, en primer lugar, y luego a que LCP 85-384, al comportarse como un material con mayor precocidad concentró en mayor medida sus jugos con anterioridad. Bajo el tratamiento de secano, en ambas campañas no se marcaron estas diferencias (Tabla 4.5).

Tabla 4.5 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Litros de Jugos en Tallo (l tallo⁻¹), entre ambas variedades y para cada tratamiento. A) Campaña 2011/2012 y B) Campaña 2012/2013.

a - Análisis de la varianza. Litros de jugo tallo ⁻¹ . LCP 85-384 y NA 85-1602. 2011/2012 ($p < 0,05$)		
Litros de jugo tallo ⁻¹ . 2011/2012 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	B
Sin riego en ene.	A	B
Sin riego en feb.	A	B
Sin riego en ene-feb.	A	B
Secano.	A	A

b - Análisis de la varianza. Litros de jugo tallo ⁻¹ . LCP 85-384 y NA 85-1602. 2012/2013 ($p < 0,05$)		
Litros de jugo tallo ⁻¹ . 2012/2013 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	B
Sin riego en ene.	A	B
Sin riego en feb.	A	B
Sin riego en ene-feb.	A	B
Secano.	A	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Además se observa en la Figura 4.1c que durante la primera campaña ambas variedades registraron un mayor contenido de jugos por tallo. Pero estas diferencias fueron significativas solamente en el tratamiento "Sin riego en enero y febrero" de la

variedad LCP 85-384 y en el tratamiento “Sin riego en febrero” de la variedad NA 85-1602 (Tabla 4.6). Esto está estrechamente relacionado con el peso de los mismos.

Tabla 4.6 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Litros de Jugo en Tallo ($l \text{ tallo}^{-1}$), entre ambas campañas y para cada tratamiento. A) LCP 85-384 y B) NA 85-1602.

a - Análisis de la varianza. Litros de jugo tallo-1. LCP 85-384 ($p < 0,05$)		
Litros de jugo tallo-1. LCP 85-384 ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	B	A
Secano.	A	A

b - Análisis de la varianza. Litros de jugo tallo-1. NA 85-1602 ($p < 0,05$)		
Litros de jugo tallo-1. NA 85-1602 ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	B	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

(Campañas con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

4.4.2 Relación la OHTA y Grados Brix ($^{\circ}\text{B}$)

En las Figuras 4.2a y 4.2b, se pueden observar la evolución en cuanto a los grados brix ($^{\circ}\text{B}$) del cultivo ante los diferentes tratamientos efectuados. Este indicador revela los sólidos solubles (sacarosa, azúcares reductores y no azúcares) disueltos en el jugo.

En la Figura 4.2a se observa la evolución de los $^{\circ}\text{B}$ durante los meses de análisis, en los distintos tratamientos, para ambas variedades, durante la primera campaña en estudio.

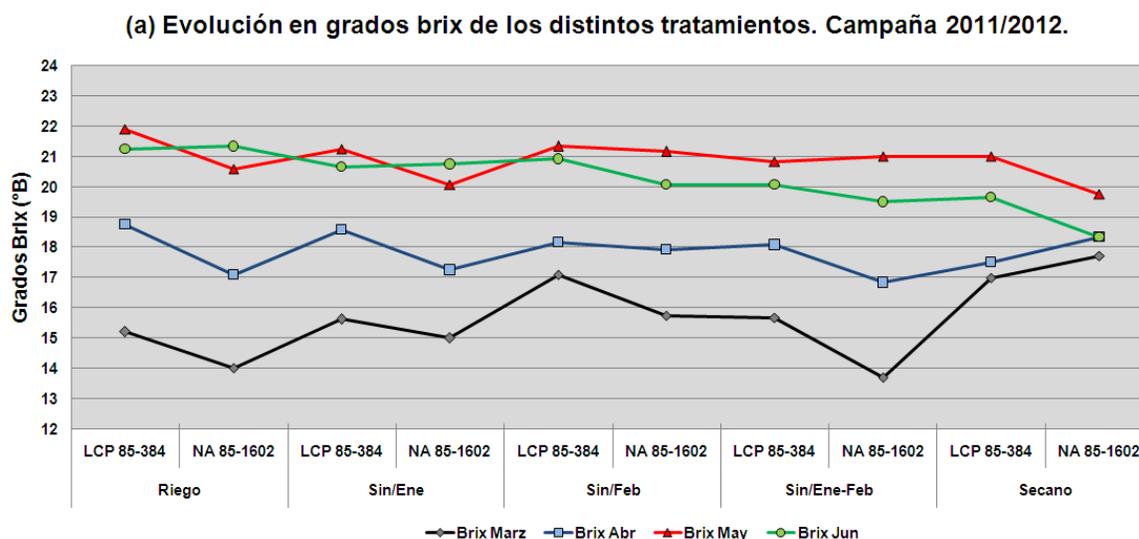


Figura 4.2a - Evolución de los Grados Brix ($^{\circ}\text{B}$) de acuerdo con los distintos tratamientos planteados. Campaña 2011/2012.

En la Tabla 4.7 se exponen los resultados del análisis de la varianza para los resultados de la primera campaña (Fig. 4.2a), en ambas variedades. Estos resultados marcan que estas diferencias entre los distintos tratamientos no fueron significativas en la variedad LCP 85-384. NA 85-1602 evidenció diferencias durante el mes de marzo entre el tratamiento “Secano” y el resto (Tabla 4.7a y 4.7b). En este caso se observaron los

mayores niveles de °B en el tratamiento “Secano”. Esto fue debido a que el cultivo, ante el estrés hídrico sufrido, trató de llegar a la madurez con anterioridad. Ante la situación de estrés, el cultivo posee sus jugos más concentrados que en los tratamientos donde el agua no fue un factor limitante. Además, NA 85-1602 tuvo diferencias marcadas durante el mes de junio entre los tratamientos “Riego” y “Secano”. En este caso, en el tratamiento “Riego” se observó el mayor valor de °B. Esto se debe a que el cultivo bajo riego produjo y luego concentró (en forma más tardía), en época de cosecha, sus azúcares en tallo en mayor grado que el tratamiento de “Secano”.

Tabla 4.7 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Grados Brix en jugos, en los distintos meses de análisis, para cada tratamiento, durante la primera campaña. A) LCP 85-384 y B) NA 85-1602.

a - Análisis de la varianza. Grados Brix. LCP 85-384. 2011/2012 ($p < 0,05$)					
Meses	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
Marzo	A	A	A	A	A
Abril	A	A	A	A	A
Mayo	A	A	A	A	A
Junio	A	A	A	A	A

b - Análisis de la varianza. Grados Brix. NA 85-1602. 2011/2012 ($p < 0,05$)					
Meses	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
Marzo	A	AB	AB	A	B
Abril	A	A	A	A	A
Mayo	A	A	A	A	A
Junio	B	AB	AB	AB	A

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Este efecto se vio más suavizado durante la segunda campaña (Fig. 4.2b) debido a que la oferta hídrica por lluvias fue mayor. En este caso las diferencias entre los distintos tratamientos, en los meses de estudio y en ambas variedades no fueron significativas (Tabla 4.8).

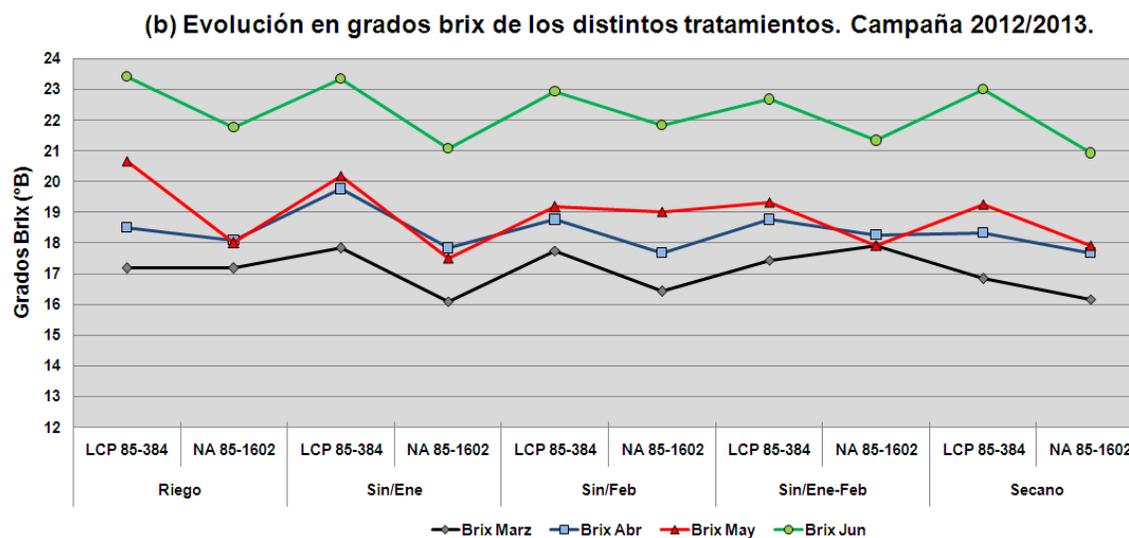


Figura 4.2b - Evolución de los Grados Brix (°B) de acuerdo con los distintos tratamientos planteados. Campaña 2012/2013.

Tabla 4.8 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Grados Brix en jugos, en los distintos meses de análisis, para cada tratamiento, durante la segunda campaña. A) LCP 85-384 y B) NA 85-1602.

a - Análisis de la varianza. Grados Brix. LCP 85-384. 2012/2013 ($p < 0,05$)					
Meses	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
Marzo	A	A	A	A	A
Abril	A	A	A	A	A
Mayo	A	A	A	A	A
Junio	A	A	A	A	A

b - Análisis de la varianza. Grados Brix. NA 85-1602. 2012/2013 ($p < 0,05$)					
Meses	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
Marzo	A	A	A	A	A
Abril	A	A	A	A	A
Mayo	A	A	A	A	A
Junio	A	A	A	A	A

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Si bien durante los primeros meses de análisis los resultados expuestos guardan relación con lo obtenido por Olivera *et al.* (2011), quienes establecieron una diferencia de Brix entre los regímenes de agua, mostrando una reducción media de hasta 3,6% con el uso de riego y; con Dalri y Cruz (2008), quienes también obtuvieron valores bajos para Brix en caña de azúcar bajo riego en Botucatu, San Pablo, Brasil, durante los meses próximos a cosecha (mayo y junio), los tratamientos "Riego" fueron los que mayores $^{\circ}B$ acusaron (Fig. 4.2a). Pero, como se mencionó anteriormente, estas diferencias no fueron significativas entre los distintos tratamientos planteados, durante el primer año de evaluación. Esto no coincide con Deon *et al.* (2010), quienes mostraron una reducción significativa de Brix bajo riego.

Comparando ambas variedades (Tabla 4.9) se observó que, en la primera campaña (Fig.4.2a), solamente en el tratamiento "Sin riego en enero y febrero", durante el mes de abril, la variedad LCP 85-384 tuvo un mayor $^{\circ}B$ respecto a lo que obtuvo NA 85-1602 bajo el mismo tratamiento. Aunque en la mayoría de los tratamientos y durante los meses en cuestión, LCP 85-384 haya logrado mayores valores de $^{\circ}B$ que su par NA 85-1602 estas diferencias no fueron significativas.

Tabla 4.9 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Grados Brix, entre ambas variedades y para cada tratamiento. Campaña 2011/2012. A) Marzo, B) Abril, C) Mayo y D) Junio.

a- Análisis de la varianza. Grados Brix. LCP 85-384 y NA 85-1602. Marzo. 2011/2012 ($p < 0,05$)		
Grados Brix. Marzo. 2011/2012 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

b- Análisis de la varianza. Grados Brix. LCP 85-384 y NA 85-1602. Abril. 2011/2012 ($p < 0,05$)		
Grados Brix. Abril. 2011/2012 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	B	A
Secano.	A	A

c - Análisis de la varianza. Grados Brix. LCP 85-384 y NA 85-1602. Mayo. 2011/2012 ($p < 0,05$)		
Grados Brix. Mayo. 2011/2012 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

d - Análisis de la varianza. Grados Brix. LCP 85-384 y NA 85-1602. Junio. 2011/2012 (p<0,05)		
Grados Brix. Junio. 2011/2012 (p<0,05)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

En el segundo año de análisis las diferencias entre ambas variedades fueron significativas durante el mes de marzo en los tratamientos “Sin Riego en febrero” y “Secano”; en el mes de abril, solamente en el tratamiento “Sin riego en enero” y en los meses de mayo y junio, en los tratamientos de “Riego” y “Sin riego en enero”. En todos los casos LCP 85-384 fue la que mayores valores de °B alcanzó. Las diferencias que se mantienen durante los meses de mayo y junio pueden ser atribuidas a la precocidad de LCP 85-384 (Tabla 4.10).

Tabla 4.10 - Análisis de la varianza ($p<0,05$) de los Grados Brix, entre ambas variedades y para cada tratamiento. Campaña 2012/2013. A) Marzo, B) Abril, C) Mayo y D) Junio.

a- Análisis de la varianza. Grados Brix. LCP 85-384 y NA 85-1602. Marzo. 2012/2013 (p<0,05)		
Grados Brix. Marzo. 2011/2012 (p<0,05)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	B	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	B	A

b- Análisis de la varianza. Grados Brix. LCP 85-384 y NA 85-1602. Abril. 2012/2013 (p<0,05)		
Grados Brix. Abril. 2012/2013 (p<0,05)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	B	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

c - Análisis de la varianza. Grados Brix. LCP 85-384 y NA 85-1602. Mayo. 2012/2013 (p<0,05)		
Grados Brix. Mayo. 2012/2013 (p<0,05)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	B	A
Sin riego en ene.	B	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

d - Análisis de la varianza. Grados Brix. LCP 85-384 y NA 85-1602. Junio. 2012/2013 (p<0,05)		
Grados Brix. Junio. 2012/2013 (p<0,05)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	B	A
Sin riego en ene.	B	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Analizando ahora lo ocurrido entre ambas campañas se observa que en LCP 85-384 la mayoría de los tratamientos se obtuvieron un aumento en °B durante la segunda campaña (Fig. 4.2b). Pero este aumento fue significativo en el tratamiento “Sin riego en enero y febrero”, en el mes de marzo y a cosecha (en junio) en todos los tratamientos, exceptuando “Sin riego en febrero” (Tabla 4.11).

Tabla 4.11 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Grados Brix en jugos, entre ambas campañas, para cada tratamiento y para la LCP 85-384. A) Marzo, B) Abril, C) Mayo y D) Junio.

a - Análisis de la varianza. Grados Brix. Marzo. LCP 85-384 ($p < 0,05$)		
Grados Brix. Marzo. LCP 85-384 ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	B
Secano.	A	A

b - Análisis de la varianza. Abril . LCP 85-384 ($p < 0,05$)		
Grados Brix. Abril. LCP 85-384 ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

c - Análisis de la varianza. Mayo . LCP 85-384 ($p < 0,05$)		
Grados Brix. Mayo. LCP 85-384 ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

d - Análisis de la varianza. Junio . LCP 85-384 ($p < 0,05$)		
Grados Brix. Junio. LCP 85-384 ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	B
Sin riego en ene.	A	B
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	B
Secano.	A	B

(Campañas con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

En la variedad NA 85-1602, en la segunda campaña (Fig. 4.2b), se tuvo un incremento en los °B durante los meses de marzo en los tratamientos “Riego” y “Sin riego en enero y febrero”. Este último tuvo incrementos durante el mes de marzo en ambas variedades. Este efecto pudo haberse dado por las mejores condiciones meteorológicas que se registraron durante la segunda campaña. Durante el mes de abril, sólo se observaron diferencias significativas en el tratamiento “Sin riego en enero y febrero”. En este caso se mantuvo la diferencia que se vio durante el mes de marzo, entre ambas campañas. Y en el mes de junio las diferencias, a favor de la segunda campaña, fueron registradas en los tratamientos “Sin riego en enero y febrero” y “Secano”.

Durante el mes de mayo las diferencias significativas fueron a favor de la primera campaña, en todos los tratamientos, a excepción del “Secano”. Esto pudo haber sido por el efecto de las heladas tempranas ocurridas durante el mes de abril de ese año. Este fenómeno meteorológico provoca la muerte de tejidos y aceleración de la maduración (Tabla 4.12).

Tabla 4.12 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Grados Brix en jugos, entre ambas campañas, para cada tratamiento y para NA 85-1602. A) Marzo, B) Abril, C) Mayo y D) Junio.

a - Análisis de la varianza. Marzo . NA 85-1602 ($p < 0,05$)		
Grados Brix. Marzo. Marzo ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	B
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	B
Secano.	A	A

b - Análisis de la varianza. Abril . NA 85-1602 ($p < 0,05$)		
Grados Brix. Abril. ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	B
Secano.	A	A

c - Análisis de la varianza. Mayo. NA 85-1602 ($p < 0,05$)		
Grados Brix. Mayo. ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	B	A
Sin riego en ene.	B	A
Sin riego en feb.	B	A
Sin riego en ene-feb.	B	A
Secano.	A	A

d - Análisis de la varianza. Junio. NA 85-1602 ($p < 0,05$)		
Grados Brix. Junio. ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	B
Secano.	A	B

(Campañas con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

4.4.3 Relación entre la OHTA y Concentración de Sacarosa en Jugos (CSJ)

La concentración de azúcar en jugos se determinó por polarimetría, con un polarímetro óptico (Meade, 1967).

De acuerdo con los resultados obtenidos la CSJ varió de una campaña a otra. Esta disimilitud también se vio entre los distintos tratamientos planteados y entre ambas variedades evaluadas.

Durante el primer año de análisis (Fig. 4.3a), en la variedad LCP 85-384, en todos los tratamientos donde se aplicó riego, la CSJ fue significativamente mayor que la concentrada en el tratamiento "Secano". En cambio, en la variedad NA 85-1602, entre el tratamiento "Secano" y "Sin riego en enero y febrero" no hubieron diferencias marcadas, pero sí entre estos dos y "Riego", "Sin riego en enero" y "Sin riego en febrero". En estos tres últimos casos se obtuvieron la mayor CSJ (Tabla 4.13a).

(a) Relación entre la Concentración Sacarínica en Jugo (%) y la OHTA (mm). 2011/2012.

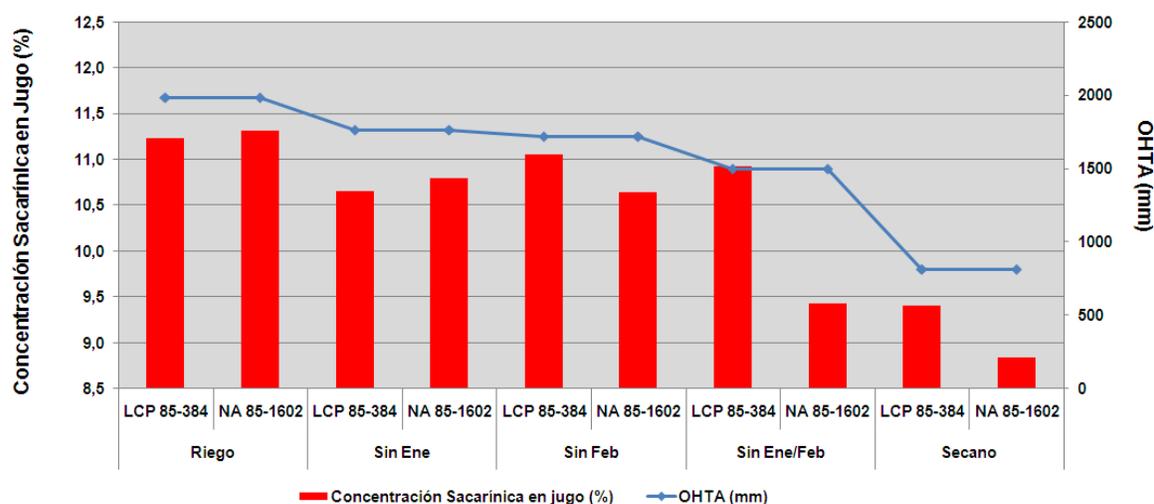
**Figura 4.3a** - Concentración de Sacarosa en Jugo respecto a los distintos tratamientos hídricos planteados. Campaña 2011/2012.

Tabla 4.13a - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la Concentración Sacarina en Jugos, para cada tratamiento y en ambas variedades, durante la primera campaña.

a - Análisis de la varianza. Concentración sacarina. 2011/2012 ($p < 0,05$)					
Variedad	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
LCP 85-384	B	AB	B	B	A
NA 85-1602	B	B	B	A	A

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Los menores porcentajes de CSJ fueron determinados en el tratamiento "Secano", los cuales, al compararlos como porcentajes de reducción respecto a los obtenidos en el tratamiento "Riego", fueron de 16,3% en LCP 85-384 y de 21,9% en NA 85-1602 (Tabla 4.14).

Tabla 4.14 – Porcentaje de Reducción de la Concentración Sacarina en Jugos para cada tratamiento respecto a lo determinado en el de "Riego". Campaña 2011/2012. A) LCP 85-384 y B) NA 85-1602.

a - Porcentaje de reducción de la concentración sacarina respecto al tratamiento de "Riego". LCP 85-384. 2011/2012.	
Tratamiento	Porcentaje de reducción.
Sin Ene	5,1
Sin Feb	1,6
Sin Ene/Feb	2,7
Secano	16,3

b - Porcentaje de reducción de la concentración sacarina respecto al tratamiento de "Riego". NA 85-1602. 2011/2012.	
Tratamiento	Porcentaje de reducción.
Sin Ene	4,6
Sin Feb	5,9
Sin Ene/Feb	16,7
Secano	21,9

Esto demuestra que bajo las condiciones agroecológicas presentadas en esta primera campaña (condición de mayor déficit hídrico) la variedad NA 85-1602 fue la que mayor desventaja tuvo frente a la misma condición hídrica desfavorable.

Estos valores fueron aún menores a los determinados por Wiedenfeld (2000), quien concluyó que los efectos de la disponibilidad relativa de agua en la concentración relativa de sacarosa fueron significativas y lineales para el período de estrés de seis semanas, comprendido entre el 1 de julio al 15 de agosto, en la región semiárida del sur de Texas (USA). Bajo esta condición, basado en modelos de regresión, las reducciones máximas previstas en la concentración de sacarosa promedian el 4,7%.

Al comparar ambas variedades, durante la primera campaña, se observó que solamente en el tratamiento "Sin riego en enero y febrero" se determinaron diferencias significativas (Tabla 4.15a). Esta disparidad alcanzada fue del orden del 1,5% de sacarosa.

Tabla 4.15a - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la Concentración Sacarina, entre ambas variedades y para cada tratamiento. Campaña 2011/2012.

a - Análisis de la varianza. Concentración sacarina. LCP 85-384 y NA 85-1602. 2011/2012 ($p < 0,05$)		
Concentración sacarina. 2011/2012 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	B	A
Secano.	A	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

En la segunda campaña (Fig. 4.3b), LCP 85-384 fue la variedad que alcanzó, exceptuando en el tratamiento "Secano", los mayores porcentajes de CSJ. Los máximos registros logrados en dicha variedad fueron en los tratamientos "Riego" y "Sin riego en enero y febrero" con un 12,3%, seguido por el tratamiento "Sin riego en enero" con una CSJ del 12,2%. De todos modos no se presentaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos planteados en ambas variedades estudiadas (Tabla 4.13b).

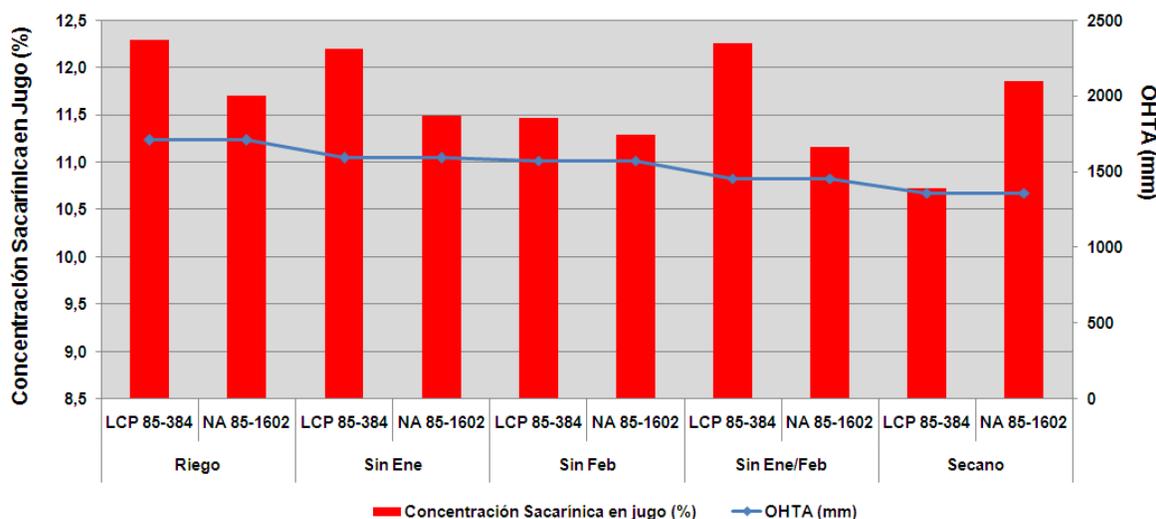
(b) Relación entre la Concentración Sacarínica en Jugo (%) y la OHTA (mm). 2012/2013.

Figura 4.3b - Concentración de Sacarosa en Jugo respecto a los distintos tratamientos hídricos planteados. Campaña 2012/2013.

Tabla 4.13b - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la Concentración Sacarina en Jugos, para cada tratamiento y en ambas variedades, durante la segunda campaña.

b - Análisis de la varianza. Concentración sacarina. 2012/2013 ($p < 0,05$)					
Variedad	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
LCP 85-384	A	A	A	A	A
NA 85-1602	A	A	A	A	A

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Al igual que en la primera campaña en el tratamiento “Sin riego en enero y febrero” se constató una marcada diferencia entre los valores de ambas variedades, siendo NA 85-1602 la que menor CSJ acusó (Tabla 4.15b). Esta diferencia significativa fue la única determinada entre ambas variedades, en los distintos tratamientos y en ambas campañas evaluadas. A partir de este resultado se determinó que LCP 85-384, bajo la situación de un estrés durante los meses de enero y febrero, obtuvo una mayor CSJ que su par NA 85-1602.

Tabla 4.15b - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la Concentración Sacarina, entre ambas variedades y para cada tratamiento. Campaña 2012/2013.

b - Análisis de la varianza. Concentración sacarina. LCP 85-384 y NA 85-1602. 2012/2013 ($p < 0,05$)		
Concentración sacarina. 2012/2013 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	B	A
Secano.	A	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Sin embargo, NA 85-1602 bajo la situación de “Secano” tuvo una CSJ levemente superior a lo registrado para la misma variedad bajo la situación de “Riego” (Tabla 4.16). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Oliveira *et al.* (2011), quienes determinaron que variedades de ciclo medio a tardío bajo condición de riego obtuvieron valores de Pol% (porcentaje de sacarosa aparente) más bajos que los registrados para las mismas variedades en condición de secano. Así también Dalri & Cruz (2008)

obtuvieron valores bajos para Brix y Pol en la caña de azúcar bajo riego en condiciones de Botucatu, San Pablo, Brasil.

Tabla 4.16 – Porcentaje de Reducción de la Concentración Sacarina en Jugos para cada tratamiento respecto a lo determinado en el de “Riego”. Campaña 2012/2013. A) LCP 85-384 y B) NA 85-1602.

a - Porcentaje de reducción de la concentración sacarina respecto al tratamiento de "Riego". LCP 85-384. 2012/2013.	
Tratamiento	Porcentaje de reducción.
Sin Ene	0,8
Sin Feb	6,8
Sin Ene/Feb	0,3
Secano	12,8

b - Porcentaje de reducción de la concentración sacarina respecto al tratamiento de "Riego". NA 85-1602. 2012/2013.	
Tratamiento	Porcentaje de reducción.
Sin Ene	1,8
Sin Feb	3,6
Sin Ene/Feb	4,7
Secano	* -1,3

* Los valores negativos (en color rojo) corresponden a incrementos en la concentración sacarina respecto a lo obtenido para el tratamiento de “Riego”.

Es importante destacar que durante la primera campaña la CSJ en todos los tratamientos planteados y en ambas variedades, fue menor que la obtenida en la segunda campaña. Pero sólo se observaron aumentos significativos en los tratamientos “Riego” y “Sin riego en enero y febrero” en la variedad LCP 85-384 y, en NA 85-1602, la disparidad marcada se observó entre los resultados obtenidos en los tratamientos “Secano” y “Sin riego en enero y febrero” (Tabla 4.17).

Tabla 4.17 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la Concentración Sacarina en Jugos, entre ambas campañas y para cada tratamiento. A) LCP 85-384 y B) NA 85-1602.

a - Análisis de la varianza. Concentración sacarina. LCP 85-384 ($p < 0,05$)		
Concentración sacarina. LCP 85-384 ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	B
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	B
Secano.	A	A

b - Análisis de la varianza. Concentración sacarina. NA 85-1602 ($p < 0,05$)		
Concentración sacarina. NA 85-1602 ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	B
Secano.	A	B

(Campañas con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Esto puede estar fundamentado en que durante la primera campaña las condiciones agroecológicas fueron determinantes. La acentuada sequía, en primer lugar, condicionó la síntesis de sacarosa; en segundo lugar, las heladas tempranas ocasionaron la muerte de meristemas apicales y tejidos jóvenes. Por último, las elevadas temperaturas registradas posteriormente a las heladas ocurridas que ocasionaron el rebrote del cultivo en detrimento de la sacarosa acumulada hasta ese momento.

4.4.4 Relación entre la OHTA y Rendimiento Sacarino (RS)

En el apartado anterior se expuso cómo la concentración de sacarosa fluctuaba de acuerdo con las diferentes situaciones hídricas frente a las cuales las dos variedades fueron expuestas a experimentación.

En este apartado se presentará el producto de la interacción entre la concentración de sacarosa en jugos y el rendimiento en tallos por hectárea. Esto dará como resultado el RS por hectárea.

En ambas campañas, como fue mencionado anteriormente, se propuso (si bien la necesidad hídrica del cultivo fue prácticamente cubierta por las precipitaciones) la restricción del riego a partir del 1 de abril hasta la cosecha del cultivo (junio) con el fin de favorecer la maduración del mismo.

En la caña de azúcar el riego es a menudo restringido antes de la cosecha para reducir la compactación del suelo por parte de las maquinarias y para mejorar el contenido de sacarosa (Robertson *et al.*, 1999). Este proceso llamado “drying off” no es a menudo visto como una medida de ahorro de agua, pero si se hace bien se podría ahorrar una cantidad considerable de agua y mejorar el contenido de sacarosa (Inman-Bamber, 2004). Este mismo autor logró obtener, bajo determinadas condiciones, más de 3 t ha^{-1} de sacarosa extra por el proceso llamado “drying off”. Así mismo, Robertson y Donaldson (1998) determinaron que el contenido de sacarosa fue incrementado hasta un 18% en los experimentos con diversos tratamientos de “drying off” en Sudáfrica.

Comparando los distintos tratamientos se observó en cada variedad y durante la primera campaña (Fig. 4.4a), que el componente agua fue un factor determinante en el tonelaje de azúcar obtenido por hectárea. Durante la primera campaña, en LCP 85-384 se determinaron diferencias significativas entre el tratamiento “Riego” ($\text{RS de } 11,33 \text{ t ha}^{-1}$) y “Sin riego en enero y febrero” ($8,4 \text{ t ha}^{-1}$) y “Secano” ($4,6 \text{ t ha}^{-1}$) y, además, este último se diferenció del resto por su menor RS en la ha. En cambio, en NA 85 85-1602 las diferencias fueron aún mayores. En este caso el tratamiento “Riego” ($10,62 \text{ t ha}^{-1}$) se diferenció significativamente de los tratamientos “Sin riego en febrero” ($8,5 \text{ t ha}^{-1}$), “Sin riego en enero y febrero” ($6,48 \text{ t ha}^{-1}$) y “Secano” (3 t ha^{-1}). A su vez, estos tres últimos se diferenciaron entre sí (Tabla 18a).

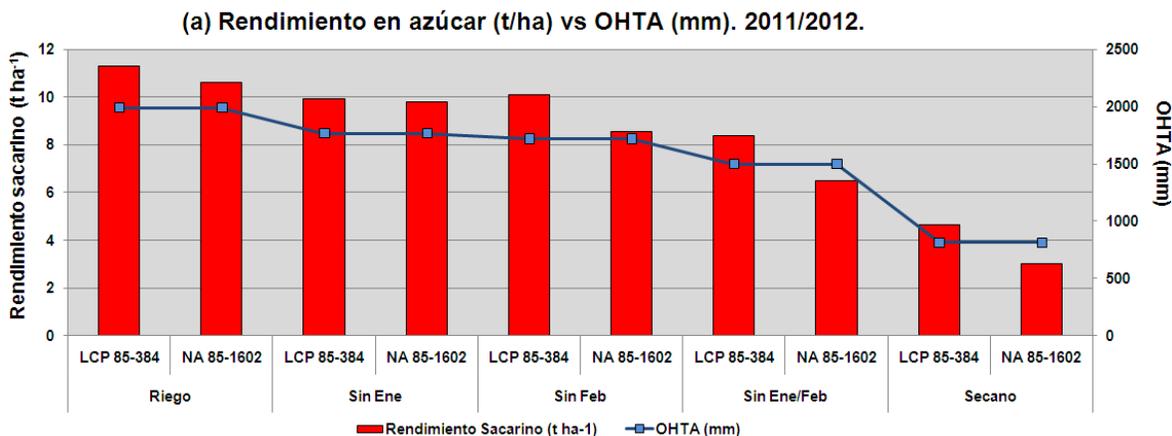


Figura 4.4a - Relación entre la OHTA (mm) y el Rendimiento Sacarino (t ha⁻¹). Campaña 2011/2012.

En cambio, durante la segunda campaña (Fig. 4.4b) las diferencias entre los distintos tratamientos fueron similares en ambas variedades (Tabla 18b). En ambos casos, los tratamientos “Secano” se diferenciaron significativamente del resto. Esta diferencia fue de 2,9 t ha⁻¹ de azúcar a favor del tratamiento “Riego”, en la variedad LCP 85-384 y de 2,45 t ha⁻¹ a favor del tratamiento “Riego” en NA 85-1602.

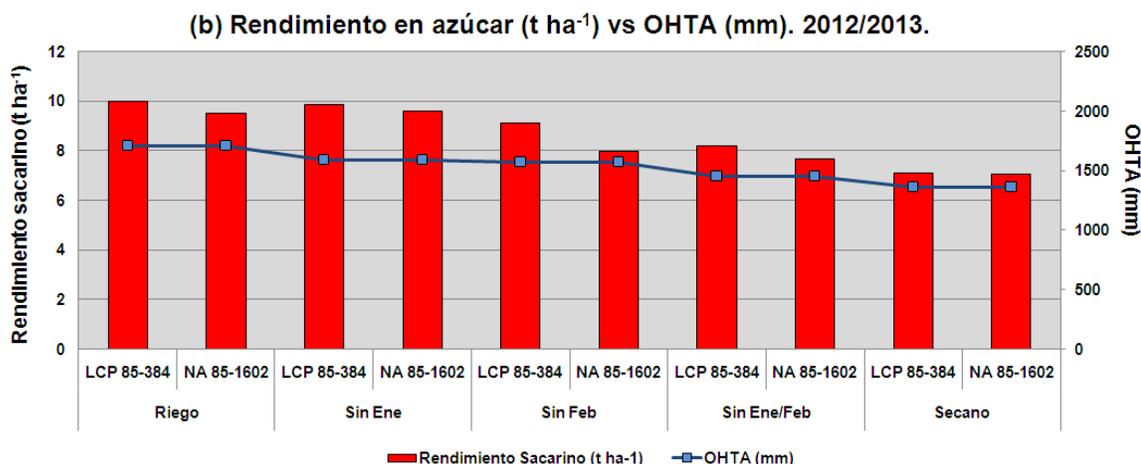


Figura 4.4b - Relación entre la OHTA (mm) y el Rendimiento Sacarino (t ha⁻¹). Campaña 2012/2013.

Tabla 4.18 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) del Rendimiento Sacarino (t ha⁻¹), para cada tratamiento y en ambas variedades. A) Campaña 2011/2012 y B) Campaña 2012/2013.

a - Análisis de la varianza. Rendimiento azúcar ha ⁻¹ . 2011/2012 ($p < 0,05$)					
Variedad	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
LCP 85-384	C	BC	BC	B	A
NA 85-1602	D	CD	C	B	A

b - Análisis de la varianza. Rendimiento azúcar ha ⁻¹ . 2012/2013 ($p < 0,05$)					
Variedad	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
LCP 85-384	B	B	AB	AB	A
NA 85-1602	B	B	AB	AB	A

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Como dato relevante, durante la primera campaña (Fig. 4.4a) la variedad LCP 85-384 ante el tratamiento “Sin riego en febrero” y con menor milimetraje de agua recibido tuvo un tonelaje de azúcar superior que el tratamiento “Sin riego en enero”. En cambio, para la segunda campaña (Fig. 4.4b) el tratamiento “Sin riego en enero” fue el que mayor tonelaje de azúcar produjo. Estas diferencias pueden deberse a la variable “Concentración de sacarosa en jugos”, ya que la misma fue la que, en mayor medida, varió conforme al tonelaje de azúcar producido. De todos modos las diferencias de tonelaje de azúcar obtenido no difieren en gran medida.

Ante la condición “Secano”, en la primera campaña (Fig. 4.4a), NA 85-1602 fue la que más se vio perjudicada, ya que la restricción del riego significó una diferencia de 71,7% de toneladas de azúcar por hectárea respecto a su par “Riego”, contra un 59,1% en “Secano” para LCP 85-384 (Tablas 19.a y 19.b). En cambio, para la segunda campaña (Fig. 4.4b), aunque ambas variedades hayan obtenido el mismo RS bajo el tratamiento “Secano”, la variedad más afectada fue la LCP 85-384. Esta variedad, en “Secano”, redujo los rindes sacarinos respecto al tratamiento “Riego”, en un 28,8%, en cambio, NA 85-1602 redujo en un 25,8% sus RS respecto a los obtenidos en el tratamiento “Riego” (Tabla 19.c y 19.d).

Tabla 4.19 – Porcentaje de Reducción del Rendimiento Sacarino para cada tratamiento respecto a lo determinado en el de “Riego”. Campaña 2011/2012. A) LCP 85-384 y B) NA 85-1602. Campaña 2012/2013. C) LCP 85-384 y D) NA 85-1602.

a - Porcentaje de reducción del Rendimiento ha ⁻¹ , respecto a lo obtenido en el tratamiento de "Riego". LCP 85-384. Campaña 2011/2012	
Tratamiento	LCP 85-384
Sin/Ene	12,3
Sin/Feb	10,6
Sin/Ene-Feb	25,8
Secano	59,1

b - Porcentaje de reducción del Rendimiento ha ⁻¹ , respecto a lo obtenido en el tratamiento de "Riego". NA 85-1602. Campaña 2011/2012	
Tratamiento	NA 85-1602
Sin/Ene	7,6
Sin/Feb	19,5
Sin/Ene-Feb	39,0
Secano	71,7

c - Porcentaje de reducción del Rendimiento ha ⁻¹ , respecto a lo obtenido en el tratamiento de "Riego". LCP 85-384. Campaña 2012/2013	
Tratamiento	LCP 85-384
Sin/Ene	1,2
Sin/Feb	8,6
Sin/Ene-Feb	17,8
Secano	28,8

d - Porcentaje de reducción del Rendimiento ha ⁻¹ , respecto a lo obtenido en el tratamiento de "Riego". NA 85-1602. Campaña 2012/2013	
Tratamiento	NA 85-1602
Sin/Ene	* -0,8
Sin/Feb	16,2
Sin/Ene-Feb	19,3
Secano	25,8

* Los valores negativos (en color rojo) corresponden a incrementos en el Rendimiento Sacarino respecto a lo obtenido para el tratamiento de “Riego”.

Comparando lo ocurrido entre ambas variedades, durante la primera campaña (Fig. 4.4a), la variedad LCP 85-384 fue la que mayor tonelaje de azúcar produjo en todos los tratamientos planteados. Esto se asemeja con los resultados obtenidos en la variable “Rendimiento de tallos por hectárea”.

Lo mismo ocurrió durante la segunda campaña (Fig. 4.4b), en donde LCP 85-384 fue la variedad que mayor tonelaje de azúcar produjo, variable que fue mayormente determinada por el “Rendimiento de tallos por hectárea”.

Esta diferencia sólo adquirió el grado de significancia en el tratamiento “Sin riego en enero y febrero”, entre ambas variedades y durante la primera campaña. En este caso, el RS ha⁻¹ fue significativamente mayor en LCP 85-384 que el obtenido para la variedad NA 85-1602 (Tabla 4.20). Esta diferencia estuvo dada en mayor medida por la concentración sacarina diferencial en los jugos de ambas variedades (4.15a).

Tabla 4.20 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la Rendimiento Sacarino (t ha⁻¹), entre ambas variedades y para cada tratamiento. A) Campaña 2011/2012. B) Campaña 2012/2013.

a - Análisis de la varianza. Rendimiento azúcar ha-1. LCP 85-384 y NA 85-1602. 2011/2012 ($p < 0,05$)		
Rendimiento azúcar ha-1. 2011/2012 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	B	A
Secano.	A	A

b - Análisis de la varianza. Rendimiento azúcar ha-1. LCP 85-384 y NA 85-1602. 2012/2013 ($p < 0,05$)		
Rendimiento azúcar ha-1. 2012/2013 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Al comparar ambas campañas se observaron diferencias significativas en los tratamientos “Sin riego en enero y febrero” y “Secano” para la variedad NA 85-1602. Evidenció marcados incrementos en los RS durante la segunda campaña (Tabla 4.21). Este efecto pudo deberse a dos cuestiones: por un lado, el marcado estrés sufrido durante la primera campaña, lo que condicionó los rendimientos de tallos ha⁻¹ y, por otro lado, las heladas tempranas que impactaron severamente en estos tratamientos en la concentración de sacarosa en jugos (Tabla 4.17b).

Tabla 4.21 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de los Rendimientos Sacarinos (t ha⁻¹), entre ambas campañas y para cada tratamiento. A) LCP 85-384 y B) NA 85-1602.

a - Análisis de la varianza. Rendimiento azúcar ha-1. LCP 85-384 ($p < 0,05$)		
Rendimiento azúcar ha-1. LCP 85-384 ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

b - Análisis de la varianza. Rendimiento azúcar ha-1. NA 85-1602 ($p < 0,05$)		
Rendimiento azúcar ha-1. NA 85-1602 ($p < 0,05$)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	B
Secano.	A	B

(Campañas con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Los resultados aquí expuestos son respaldados por lo determinado por Inman-Bamber y Smith (2005); Robertson *et al.* (1999); Da Silva & Da Costa (2004), quienes reportaron que la susceptibilidad de la caña de azúcar al déficit de agua es mayor cuando las plantas están en la etapa de elongación de los brotes, lo que causa graves pérdidas en la producción de biomasa y en el rendimiento de sacarosa. De hecho, el aumento de la disponibilidad de agua favorece la acumulación progresiva de sacarosa en las células isodiamétricas del tejido parenquimatoso del tallo.

4.4.5 EUA (kg mm⁻¹) en relación al Rendimiento Sacarino (t ha⁻¹)

Al igual que en el apartado 2.4.3, de acuerdo con los datos de RS (t ha⁻¹) expuestos anteriormente y realizando un cociente con la OHTA para cada tratamiento se obtiene la eficiencia con la que cada variedad transformó esos milímetros de OHTA en sacarosa.

De esta manera se obtuvo, realizando un análisis de la varianza de los resultados de este cociente, que solamente NA 85-1602, durante la primera campaña, acusó diferencias significativas entre los distintos tratamientos planteados. Esto demuestra que NA 85-1602 fue más dependiente de la condición hídrica ante la cual se desarrollaba (Tabla 4.22).

Tabla 4.22 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la EUA en relación con Rendimiento Sacarino (t ha⁻¹), para cada tratamiento y en ambas variedades. A) Campaña 2011/2012 y B) Campaña 2012/2013

a - Análisis de la varianza. EUA azúcar ha-1. 2011/2012 ($p < 0,05$)					
Variedad	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
LCP 85-384	A	A	A	A	A
NA 85-1602	C	C	BC	AB	A

b - Análisis de la varianza. EUA azúcar ha-1. 2012/2013 ($p < 0,05$)					
Variedad	Riego durante todo el ciclo.	Sin riego en ene.	Sin riego en feb.	Sin riego en ene-feb.	Secano.
LCP 85-384	A	A	A	A	A
NA 85-1602	A	A	A	A	A

(Tratamientos con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Al comparar ambas variedades en cada tratamiento planteado, se observó que únicamente hubieron diferencias marcadas en el tratamiento “Sin riego en enero y febrero” en la primera campaña. Sólo en este caso LCP 85-384 fue más eficiente respecto a NA 85-1602 en el uso del agua (Tabla 4.23).

Tabla 4.23 - Análisis de la varianza ($p < 0,05$) de la EUA en relación al Rendimiento Sacarino (t ha⁻¹), entre ambas variedades y para cada tratamiento. A) Campaña 2011/2012. B) Campaña 2012/2013.

a- Análisis de la varianza. EUA azúcar ha-1. LCP 85-384 y NA 85-1602. 2011/2012 ($p < 0,05$)		
EUA ha-1. 2011/2012 ($p < 0,05$)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	B	A
Secano.	A	A

b- Análisis de la varianza. EUA azúcar ha-1. LCP 85-384 y NA 85-1602. 2012/2013 (p<0,05)		
EUA ha-1. 2012/2013 (p<0,05)	LCP 85-384	NA 85-1602
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

(Variedades con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

Y, al analizar los resultados obtenidos entre ambas campañas se observó que LCP 85-384 no tuvo diferencias significativas entre los distintos tratamientos planteados. En cambio, NA 85-1602 tuvo incrementos significativos en los tratamientos “Sin riego en enero y febrero” y en “Secano”, durante la segunda campaña (Tabla 4.24).

Tabla 4.24 - Análisis de la varianza ($p<0,05$) de la EUA en relación al Rendimiento Sacarino ($t\ ha^{-1}$), entre ambas campañas y para cada tratamiento. A) LCP 85-384 y B) NA 85-1602.

a - Análisis de la varianza. EUA azúcar ha-1. LCP 85-384 (p<0,05)		
EUA azúcar ha-1. LCP 85-384 (p<0,05)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	A
Secano.	A	A

b - Análisis de la varianza. EUA azúcar ha-1. NA 85-1602 (p<0,05)		
EUA azúcar ha-1. NA 85-1602 (p<0,05)	Campaña 2011/2012	Campaña 2012/2013
Riego durante todo el ciclo.	A	A
Sin riego en ene.	A	A
Sin riego en feb.	A	A
Sin riego en ene-feb.	A	B
Secano.	A	B

(Campañas con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$))

4.4.6 Porcentaje de reducción de la OHTA y de azúcar producido de acuerdo con el tratamiento de Riego durante todo el ciclo

Al promediar los valores de RS obtenidos en ambas campañas y para el tratamiento “Riego”, LCP 85-384 fue la que mayores valores obtuvo. Los RS alcanzados fueron de $10,65\ t\ ha^{-1}$ y de $10,07\ t\ ha^{-1}$ para las variedades LCP 85-384 y NA 85-1602. La OHTA, como ya se mencionó anteriormente, en el tratamiento “Riego” y en promedio para ambas campañas, fue de 1848 mm (Fig. 4.5).

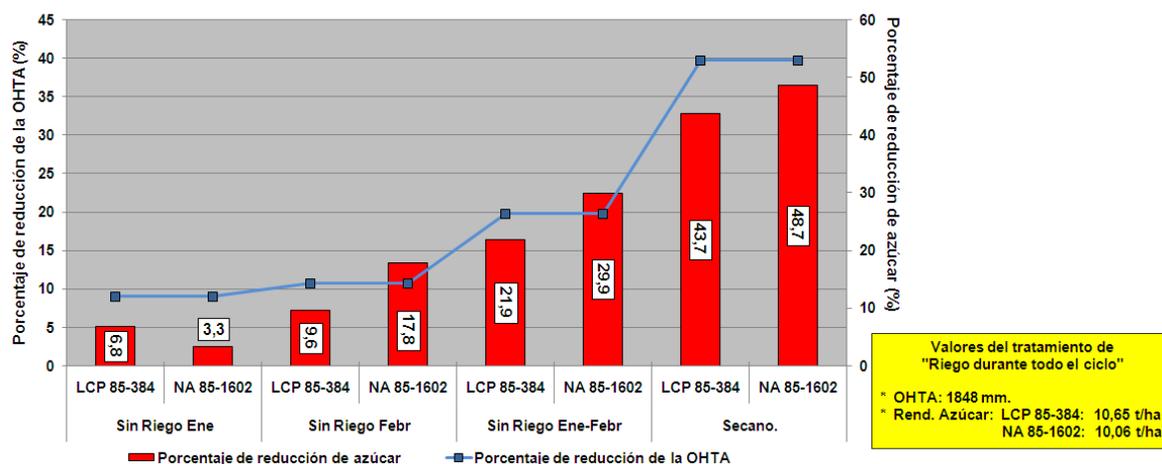


Figura 4.5 - Promedio de dos campañas del Porcentaje de Reducción de la OHTA y del Rendimiento Sacarino obtenido de acuerdo con el tratamiento "Riego".

De acuerdo con estos valores obtenidos, cuando ambas variedades fueron sometidas a una restricción hídrica del 9% respecto del tratamiento de riego y durante el mes de enero, ambas expresaron una disminución de sus RS. Esta merma fue del 6,8% para la variedad LCP 85-384 y del 3,3% para la variedad NA 85-1602 (Tabla 4.25).

Tabla 4.25 – Porcentajes de Reducción del Rendimiento Sacarino promedio de dos campañas y de la Oferta Hídrica Total Acumulada en los distintos tratamientos con respecto a lo obtenido en el de "Riego".

Porcentaje de Reducción del Rendimiento sacarino ha ⁻¹ promedio de dos campañas y de la oferta hídrica acumulada por cada tratamiento, respecto al tratamiento de "Riego".			
Tratamiento	LCP 85-384	NA 85-1602	Oferta hídrica acumulada
Sin/Ene	6,8	3,3	9,0
Sin/Febr	9,6	17,8	10,7
Sin/Ene-Febr	21,9	29,9	19,7
Secano	43,7	48,7	39,7

En cambio, cuando el riego fue suprimido durante el mes de febrero el cultivo soportó una restricción de la OHTA del 10,7% respecto del tratamiento "Riego". Esto ocasionó mermas en la calidad sacarina del cultivo, donde LCP 85-384 disminuyó 9,6% y NA 85-1602, 17,8%. El cultivo bajo el tratamiento "Sin riego en enero y febrero" recibió un 19,7% menos de OHTA. Ante esta situación la variedad, LCP 85-384 redujo en un 21,8% sus RS y NA 85-1602 en un 29,9%, respecto a lo obtenido en el tratamiento "Riego" (Tabla 4.25).

Estos resultados se comparan con los obtenidos por Wiedenfeld (2000), quien determinó que los efectos de la disponibilidad relativa de agua en la concentración relativa de sacarosa fueron significativos y lineales para el período de estrés de seis semanas, comprendido entre el 1 de julio al 15 de agosto, en la región semiárida del sur de Texas. En este caso, el efecto combinado del estrés hídrico reduciendo la producción de caña y sacarosa produjo descensos previstos en los rendimientos de azúcar del 19,1% para ese período.

En el tratamiento de "Secano", como ya se vio anteriormente, la reducción de la OHTA fue del 39,7%. En este caso, la calidad sacarina en la variedad LCP 85-384 se redujo en un 43,7% respecto al rendimiento obtenido en el tratamiento "Riego". En la variedad NA 85-1602 esta reducción alcanzó el 48,7% (Tabla 4.25).

Estos datos indican que una reducción en la OHTA durante los meses de enero y febrero tiene una implicancia diferente en ambas variedades evaluadas, en cuanto a calidad sacarina se refiere. Una limitación en la OHTA (reducción promedio de 166,3 mm) durante el mes de enero tiene una mayor consecuencia en la variedad LCP 85-384, que tuvo una disminución promedio, en ambas campañas, de $0,73 \text{ t ha}^{-1}$ de azúcar producido respecto al tratamiento "Riego". En cambio, la variedad NA 85-1602, ante la misma situación hídrica, tuvo una merma de $0,33 \text{ t ha}^{-1}$ en promedio, en ambas campañas evaluadas.

Así mismo, cuando la disminución de la OHTA se produjo durante el mes de febrero (reducción de 198 mm respecto a lo percibido en el tratamiento "Riego") las consecuencias en el RS fueron mayores en la variedad NA 85-1602. En esta situación, esta variedad perdió $1,79 \text{ t ha}^{-1}$ de azúcar producido respecto a lo observado en la misma variedad y sometida a condiciones óptimas de humedad. En cambio, LCP 85-384, ante la misma situación hídrica limitante, redujo sus rendimientos sólo en 1 t ha^{-1} respecto a lo observado en la misma variedad sometida al tratamiento "Riego".

Estos resultados no concuerdan con lo expresado por Inman-Bamber (2004), quien observó que la acumulación de sacarosa es reducida cuando el déficit de agua en el suelo es superior a los 145 mm. En el presente trabajo se observó que durante el mes de febrero de la primera campaña, con un déficit de 104,3 mm, los porcentajes de reducción del azúcar producido fueron del 10,6% en la variedad LCP 85-384 y del 19,5% para la variedad NA 85-384. Así mismo, para el mes de enero, durante la segunda campaña, LCP 85-384 ya manifestó un porcentaje mínimo de reducción del rendimiento (1,2%) ante un estrés de 70,7 mm.

En concordancia con lo expuesto para la variable "Rendimiento de Tallos", la producción de azúcar (promedio de datos de dos campañas consecutivas) en ambas variedades se ve más comprometida cuando el cultivo sobrelleva un estrés hídrico durante el mes de febrero, en relación a lo observado en el tratamiento "Sin riego en enero". Así mismo, las pérdidas en RS fueron menores en la variedad NA 85-1602 cuando ambas variedades fueron sometidas al tratamiento "Sin riego en enero". En contraposición, en el tratamiento "Sin riego en febrero", la variedad que menor reducción obtuvo fue LCP 85-384. Estos resultados pueden ser explicados, al igual que en el caso de la variable Rendimiento de Tallos, por las variables número de tallos y peso de los mismos, sumada a la concentración sacarina en jugo. Estas variables están correlacionadas en forma directa con los rendimientos de tallos y RS.

La producción de azúcar se vio más comprometida en los tratamientos que mayores restricciones hídricas sufrieron. La disminución fue siempre mayor en la variedad NA 85-1602, siendo mayor las diferencias entre ambas variedades en el tratamiento "Sin riego en enero y febrero". Además las mayores pérdidas del RS, respecto a lo observado en los tratamientos "Riego", fueron registradas en el tratamiento "Secano".

4.5 Consideraciones Generales y Conclusión

A modo de conclusión se expondrán los resultados promedio de las dos campañas evaluadas. Se propone expresar los resultados como porcentaje de reducción de los valores de cada variable obtenida en cada tratamiento planteado respecto a lo observado en el tratamiento "Riego".

Es así que, la variedad LCP 85-384 bajo el tratamiento “Sin riego en enero” redujo su “Cantidad de jugo” en un 15,3%. Así también mermó en un 0,7% las lecturas de “Brix” obtenidas, la “Concentración de sacarosa en jugos” también lo hizo en un 2,8% y, por consiguiente, una reducción de la “Producción final de azúcar en la hectárea” de 6,8%, respecto a lo observado en el tratamiento “Riego”.

Ante el mismo tratamiento, NA 85-1602 mostró una reducción del 16,5% en los “Litros de jugos obtenidos”. Así mismo, se observó que esta variedad redujo un 2,3% sus “Grados brix”, lo que reveló una reducción del 3,2% en la “Concentración de sacarosa en jugos”. Esto produjo que el “Porcentaje de reducción del azúcar obtenido en una hectárea”, en este caso, disminuyera en un 3,3%.

En el tratamiento “Sin riego en febrero” la variedad LCP 85-384 registró una merma del 15,1% en los jugos obtenidos. Sus grados brix fueron un 1,1% menor a lo registrado en las parcelas del tratamiento “Riego”. Esto se tradujo en una reducción del 4,3% en la concentración de sacarosa y repercutió en una pérdida del 9,6% en los rendimientos finales de azúcar por hectárea.

A su vez, NA 85-1602, ante el mismo tratamiento, menguó la cantidad de sus jugos en un 12,1% y su brix en un 1,6%. No obstante, la reducción en la concentración de azúcares en jugos cayó en un 4,7%, lo que se tradujo en una disminución del azúcar producido en un 17,8% respecto a lo obtenido cuando al cultivo no se le restringió en riego.

Cuando la variedad LCP 85-384 fue sometida al tratamiento “Sin riego en enero y febrero”, las reducciones en la cantidad de jugos obtenidos fueron del 24,1% y las lecturas de los grados brix cayeron en un 1,2%. En esta situación, la concentración de sacarosa en jugos se redujo en un 1,4% y las pérdidas en el tonelaje de azúcar producido por hectárea alcanzaron los 21,8%.

Bajo esta condición, la variedad NA 85-1602 redujo la cantidad de sus jugos en un 24,4%. Sus brix cayeron en un 5,4%. La concentración de azúcares en jugos bajó en un 10,6%. Esto repercutió en los rendimientos de azúcar por hectárea, siendo las pérdidas ocasionadas del orden del 29,9% respecto a lo observado en el tratamiento “Riego”.

En los tratamientos de “Secano”, ambas variedades registraron mermas considerables respecto a lo observado en el tratamiento “Riego”. En la variedad LCP 85-384 se registraron pérdidas del 29,5% en lo que respecta a la variable “Jugos”. Las reducciones también fueron marcadas en cuanto a los grados brix observados. Estas reducciones fueron del 4,8%. Así también se observaron mermas del 14,4% en la concentración de azúcares en los jugos. Ante estos valores mencionados, las pérdidas en azúcar total producido alcanzaron el 43,7% de lo obtenido para el tratamiento “Riego”.

NA 85-1602, bajo la condición de “Secano”, registró una pérdida del 47,2% de sus jugos, los cuales acusaron, a su vez, una reducción del 8,8% de sus brix y una merma en la concentración de los azúcares del 10,1%. Esto se tradujo en una pérdida del 48,7% del azúcar total producido por hectárea respecto a lo obtenido en el tratamiento “Riego”.

Se concluye que periodos de déficit hídrico en la etapa gran o activo crecimiento afecta el contenido de sacarosa y maduración del cultivo con respecto al riego continuo.

Ambas variedades tuvieron un menor efecto del estrés durante el mes de enero, pero en este caso la más perjudicada fue LCP 85-384. Cuando el riego fue restringido durante el mes de febrero, las pérdidas en rendimiento fueron mayores, pero en este caso, la variedad más perjudicada fue NA 85-1602. Estos dos casos revela la capacidad diferencial de ambas variedades de amortiguar en mayor o menor medida distintos momentos de estrés hídrico.

Cuando la restricción del riego ocurrió durante los meses de enero y febrero, fueron aún más severas las consecuencias en los rendimientos sacarinos, siendo la más afectada NA 85-1602, con pérdidas de hasta el 30%. De esta forma se demuestra que, aunque ambas variedades no tuvieron la capacidad de compensar sus rendimientos sacarinos ante este período de estrés, NA 85-1602 lo hizo en menor medida que su par LCP 85-384.

Por último, los rendimientos sacarinos fueron fuertemente disminuidos cuando el cultivo se desarrolló en condiciones de secano, siendo en este caso también NA 85-1602 la más perjudicada.

CAPÍTULO 5

Discusión General

Durante las dos campañas evaluadas se determinó que ambas variedades tuvieron un comportamiento diferencial de acuerdo con el tratamiento de riego al que fueran sometidas. Así, los mayores valores de las variables estudiadas ocurrieron en lotes donde el riego no fue limitado. Partiendo de esta condición ideal y considerando los valores de cada variable como el ciento por ciento, se propone expresar el efecto de cada tratamiento planteado como el porcentaje de reducción de cada variable respecto a lo obtenido bajo la condición “Riego”.

En el tratamiento “Sin riego en enero”, en promedio de las dos campañas evaluadas, la variedad LCP 85-384 demostró una merma en la “Materia seca total” del 14,3%. A su vez, el “Área foliar” se redujo en un 8,3% durante el mes de enero, un 10,4% durante febrero y un 15,9% en marzo. En cuanto a la variable “Altura final de tallos”, en esta variedad y bajo el mismo tratamiento hídrico, redujo su altura en un 7% respecto a la misma variedad bajo la situación de riego óptimo. El “Peso promedio de tallos” se redujo en un 10,1%. En cuanto a los “Litros de jugos obtenidos” la rebaja fue del 15,3%. Así también mermó en un 0,7% las lecturas de “Brix” obtenidas, la “Concentración de sacarosa en jugos” también lo hizo en un 2,8%.

NA 85-1602, bajo el tratamiento “Sin riego en enero” demostró una reducción del 21,5% de su “Materia seca total”. En cuanto al “Área foliar”, durante el mes de enero, la reducción fue del 4,7%. En cambio, durante los meses de febrero y marzo mostró un aumento de su área foliar respecto a lo observado para la condición de riego óptima, fenómeno asociado posiblemente a un proceso de compensación de crecimiento. Estos incrementos fueron del orden de 16,9% y del 1,1% para los meses de febrero y marzo, respectivamente. Y en cuanto a la “Altura final de tallos” se vio reducida en un 6,3%. El “Peso promedio de tallos” no acusó variación. La variable “Litros de jugos obtenidos” mostró una reducción del 16,5%. Así mismo, se observó una reducción del 2,3% de sus “Grados brix”. La reducción de la “Concentración de sacarosa en jugos” fue del 3,2%.

En el tratamiento “Sin riego en febrero”, la variedad LCP 85-384 mostró una reducción mayor en su “Materia seca total” que en el tratamiento anteriormente descrito. En este caso, alcanzó un 33%. Durante los meses de febrero y marzo el “Área foliar” decayó en un 18,9% y en un 15,1%, respectivamente. Y en cuanto a la variable “Altura final de tallos” se registró una merma del 4,5%. El “Peso promedio de tallos” se redujo en un 5,6%. En cuanto a los “Litros de jugos obtenidos” presentó una merma del 15,1%. Sus “Grados brix” se redujeron en un 1,1%. La “Concentración de sacarosa” disminuyó en un 4,3%.

Bajo este mismo tratamiento, la variedad NA 85-1602 mostró una reducción menor a la expresada por su par LCP 85-384. Esta reducción fue del 26,8%. La restricción hídrica realizada en febrero ocasionó que esta variedad disminuyera su “Área foliar” en un 9,5% y en un 8,7% en los meses de febrero y marzo, respectivamente. A su vez su “Altura final de tallos” se redujo en un 9,4% respecto a lo registrado para el tratamiento “Riego”. El “Peso promedio de tallos” se redujo en un 11,9%. La cantidad de “Litros de jugos obtenidos” decayó en un 12,1% y sus “Grados Brix” en un 1,6%. Así mismo la “Concentración de azúcares en jugos” en un 4,71%.

Ahora bien, cuando la variedad LCP 85-384 fue sometida al tratamiento “Sin riego en enero y febrero”, su “Materia seca total” se redujo en un 36,8%. El “Área foliar”, durante el

mes de enero ya mostraba una merma del 13,7%, que se incrementó alcanzando un porcentaje del 34,3% durante el mes de febrero y un 19,8% durante el mes de marzo. En cuanto a la variable “Altura final de tallos” la reducción fue del 14,2% respecto a lo observado para el tratamiento “Riego”. El “Peso promedio de tallos” se redujo en un 23,9%. En cuanto a los “Litros de jugos obtenidos” se registró una disminución del 24,1%. Las lecturas de “Grados brix” se redujeron en un 1,2%. La “Concentración de sacarosa en jugos” mermó en un 1,4%.

NA 85-1602, ante una restricción del riego durante los meses de enero y febrero, aminoró su “Materia seca total” en un 36,8%. Esta restricción del riego también repercutió en el “Área foliar”. Esta variable mostró una reducción del 10,3% durante el mes de enero, 26,9% durante el mes de febrero y durante el mes de marzo se redujo en un 16,5%. Así también tuvo su efecto en la variable “Altura final de tallos” siendo la misma reducida en un 19,5%. El “Peso promedio de tallos” se redujo en un 18,7%. El porcentaje de disminución de los “Litros de jugos obtenidos” alcanzó los 24,4%. Los “Grados brix” mermaron en un 5,4%. La “Concentración de azúcares en un jugos” bajó en un 10,6%.

En el tratamiento “Secano” ambas variedades registraron las mayores reducciones respecto a lo percibido en el tratamiento “Riego”. La variedad LCP 85-384 experimentó una merma del 50,8% en lo que respecta a “Materia seca total”. El “Área foliar” durante el mes de enero reflejó una merma del 14,6%, un 33,3% durante el mes de febrero y una reducción del 39,5% en el mes de marzo, respecto a lo registrado para el tratamiento “Riego”. En cuanto a la “Altura promedio de tallo” se observó una disminución del 22% respecto al tratamiento “Riego”. El “Peso promedio de tallos” se redujo en un 30,2%. En lo que respecta a la variable “Litros de jugos obtenidos” se registró una disminución del 29,5%. Los “Grados brix” mermaron en un 4,8%. La “Concentración de los azúcares en jugo” disminuyó en un 14,4%.

Ante el tratamiento “Secano” NA 85-1602 mostró una pérdida del 55,4% de su “Materia seca total” respecto a la condición de “Riego”. Su “Área foliar” mostró una reducción del 26,2% durante el mes de enero y para los meses de febrero y marzo, las reducciones fueron del orden de los 28,8% y 29,1%, respectivamente. En cuanto a la variable “Altura final de tallos” se registró una reducción del 37,2% con respecto a lo que acusó esta misma variedad bajo el tratamiento “Riego”. El “Peso promedio de tallos” mermó en un 39,4%. Los “Litros de jugos obtenidos” acusaron una merma del 47,2%. Los “Grados brix” se redujeron en un 8,8%. La “Concentración de azúcar en jugos” se redujo en un 10,1%.

Estos datos obtenidos, durante las dos campañas evaluadas, demuestran que el riego es indispensable para la producción del cultivo de caña de azúcar. Los rendimientos promedios para ambas campañas analizadas, bajo la situación de “Riego durante todo el ciclo” en LCP 85-384 fueron de 90,94 t ha⁻¹ de tallos a molienda y de 10,65 t ha⁻¹ de sacarosa. NA 85-1602 tuvo como promedio 87,58 t ha⁻¹ de tallos a molienda y 10,07 t ha⁻¹ de sacarosa.

Sin esta tecnología los rendimientos en tallos decaen en un 34,7% (obtuvo 57,73 t ha⁻¹) y 45,2% (obtuvo 46,8 t ha⁻¹) para las variedades LCP 85-384 y NA 85-1602. Estas mermas implicaron una reducción del rendimiento sacarino del 43,7% (obtuvo 5,87 t ha⁻¹) y 48,7% (obtuvo 5,03 t ha⁻¹) para las mismas variedades.

En el caso hipotético de que el productor destine el riego para la producción de otros cultivos durante los meses de enero y febrero ambas variedades, bajo las condiciones agroecológicas presentadas en las campañas evaluadas, reducirían sus rendimientos de

tallos en un 21% aproximadamente (lograron $71,88 \text{ t ha}^{-1}$ en LCP 85-384 y $68,75 \text{ t ha}^{-1}$ en NA 85-1602) y la reducción del rendimiento sacarino en NA 85-1602 alcanzaría el 29,9% (logró $7,08 \text{ t ha}^{-1}$) y en LCP 85-384 el 21% (logró $8,3 \text{ t ha}^{-1}$).

Si la restricción hídrica del cultivo de caña de azúcar abarcara solamente el mes de enero, sería conveniente que esta restricción recayera sobre la variedad NA 85-1602, ya que la misma reduce sus rendimientos en tallo solamente un 0,2% (produjo $87,19 \text{ t ha}^{-1}$) y su rendimiento sacarino en un 3,3% (produjo $9,7 \text{ t ha}^{-1}$). No así en LCP 85-384 donde se registraron mermas del 4% (produjo $86,95 \text{ t ha}^{-1}$) y del 6,8% (produjo $9,89 \text{ t ha}^{-1}$), respectivamente.

En cambio, si la restricción hídrica se concentrara durante el mes de febrero sería conveniente que esta recayera sobre la variedad LCP 85-384, ya que esta variedad redujo en un 5,5% sus rendimientos en tallos (obtuvo $85,55 \text{ t ha}^{-1}$) y en un 9,6% en azúcar (produjo $9,62 \text{ t ha}^{-1}$) respecto a los rendimientos obtenidos para el tratamiento "Riego". En cambio, NA 85-1602 para el mismo tratamiento, acusó mermas del 13,8% (logró $75,47 \text{ t ha}^{-1}$) y del 17,8% (produjo $8,26 \text{ t ha}^{-1}$) respectivamente.

CAPÍTULO 6

Conclusiones Finales

Al finalizar el presente trabajo de investigación se concluye aceptando las hipótesis planteadas:

- Las variedades NA 85-1602 y LCP 85-384, a pesar del efecto compensatorio, no tuvieron la capacidad para amortiguar variaciones en la OHTA durante el período crítico del cultivo.
- La variedad LCP 85-384 posee un mejor comportamiento frente a diferentes niveles de OHTA respecto a NA 85-1602, debido a su mayor precocidad.

El efecto en la variación de la OHTA en el crecimiento durante la fase fenológica de activo o gran crecimiento varió de acuerdo con el momento y a la variedad que fue sometida a los distintos tratamientos. Ante un posible estrés hídrico durante el mes de enero, LCP 85-384 tuvo un mejor comportamiento compensatorio que su par NA 85-1602, ya que esta última presentó mayores reducciones a nivel de materia seca total respecto a lo obtenido en el tratamiento de riego. En cambio, cuando el estrés hídrico se produjo durante el mes de febrero, NA 85-1602 evidenció un mejor comportamiento compensatorio ante ese período de estrés. En la situación de restricción de riego complementario durante los meses de enero y febrero, ambas variedades tuvieron, en promedio, el mismo comportamiento. Y, por último, fue la variedad LCP 85-384, la que mejor respuesta evidenció ante la situación sin riego complementario (“Secano”), ya que el impacto en la materia seca total fue menor al demostrado por NA 85-1602. De esta manera, LCP 85-384 compensó en mejor manera un estrés hídrico que su par NA 85-1602, bajo la condición “Secano”.

Al evaluar las consecuencias de una disminución en la OHTA sobre la población de tallos y sus pesos, se obtuvo que ante una restricción del riego durante el mes de enero, la variedad NA 85-1602 tuvo un mejor comportamiento compensatorio respecto a la variedad LCP 85-384. En cambio cuando la OHTA fue restringida durante el mes de febrero, LCP 85-384 compensó en mejor medida que su par NA 85-1602 y, ante una reducción del riego durante los dos meses en cuestión NA 85-1602 fue la que se vio más afectada. En la situación de secano, la más perjudicada fue NA 85-1602, logrando los mayores porcentajes de reducción (en promedio para las dos campañas) obtenidos para cada variable.

El impacto de diferentes niveles de OHTA sobre el contenido de sacarosa también fue notable y varió de acuerdo con las variedades evaluadas. Ambas tuvieron un menor efecto del estrés durante el mes de enero, pero en este caso la más perjudicada fue la variedad LCP 85-384. Cuando el riego fue restringido durante el mes de febrero, las pérdidas en rendimiento fueron mayores, pero en este caso, la variedad más perjudicada fue NA 85-1602. Estos dos casos revela la capacidad diferencial de ambas variedades de amortiguar en mayor o menor medida distintos momentos de estrés hídrico. Cuando la restricción del riego ocurrió durante los meses de enero y febrero, fueron aún más severas las consecuencias en los rendimientos sacarinos, siendo la más afectada NA 85-1602. De esta forma se demuestra que, aunque ambas variedades no tuvieron la capacidad de compensar sus rendimientos sacarinos ante este período de estrés, NA 85-1602 lo hizo en menor medida que su par LCP 85-384. Y, por último, los rendimientos sacarinos fueron fuertemente disminuidos cuando el cultivo se desarrolló en condiciones de secano, siendo en este caso también NA 85-1602 la más perjudicada.

Es destacable que este trabajo es el punto de partida de una serie de posibles líneas de investigación que se podrían desprender de la información generada hasta aquí. Se proponen los siguientes disparadores en materia de investigación:

- Procesos fisiológicos involucrados que permiten que ambas variedades tengan un comportamiento diferencial ante eventuales periodos de déficit hídrico como ser la fotosíntesis, la apertura estomática y el potencial hídrico en planta.
- Caracteres asociados al suelo de estudio que involucran ciclos de humedecimiento y secado intrínsecos del suelo, procesos de evapotranspiración y K_c ajustados a nuevas variedades de caña de azúcar.
- Caracteres genéticos involucrados en la capacidad de compensación de las diferentes variedades asociados a la tolerancia al estrés hídrico.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R.G., Periera, L.S, Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome. Pág. 1-173.
- Andrade, F. H. 2011. Ecofisiología de Cultivos. Disciplina clave para el estudio y análisis de sistemas de producción que tienden a una agricultura eficiente y sustentable. Voces y Ecos. Dossier de Ecofisiología de Cultivos. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Año XIII, N° 26, Julio 2011. ISSN 0328-1582. 2-6.
- Asociación Civil Mesa Azucarera Santafesina (A.C.M.A.S.) y COET. 2010. Cadena Sucro-Alcoholera Santafesina: Manual de buenas prácticas agrícolas en caña de azúcar. Ministerio de la Producción. Gobierno de Santa Fe. Pág. 5 y 22.
- Castro, P. R. C. 2000. Aplicações da fisiologia vegetal no sistema de produção da cana-de-açúcar. En: Simpósio Internacional de Fisiologia da Cana-de-açúcar, 2000, Piracicaba. Anais. Piracicaba: STAB. p.1-9.
- Chavanne, E.R., A. Espinosa, M. Cuenya, L. Erazzú, M. Ahmed, C. Díaz Romero *et al*, 1998. Características productivas de dos variedades importadas de caña de azúcar. LCP 85-376 y LCP 85-384 en las condiciones de Tucumán. Avance Agroindustrial. 72:12-15.
- COET, 2005. Jornada Técnica de Riego. Centro Operativo Experimental de Tacuarendí. Tacuarendí, Santa Fe. Pág. 1-3.
- Currie, H. M. 2005. Evaluación exploratoria de la factibilidad técnica y económica para el área cañera del norte de Santa Fe. Informe inédito. 1-33.
- Da Silva, A.L.C., and W.A.J.M. Da Costa. 2004. Varietal variation in growth, physiology and yield of sugarcane under two contrasting water regimes. Trop. Agric. Res. 16:1-12.
- Dalri, A.B.; R. L. Cruz. 2008. Produtividade da cana-de-acucar fertirrigada com N e K via gotejamento subsuperficial. Engenharia Agrícola, v.28, p.516-524.
- Dalri, A. B.; Cruz, R. L.; Garcia, C. J. B.; Duenhas, L. H. 2008. Irrigação por gotejamento subsuperficial na produção e qualidade da cana-de-açúcar. Irriga, v.13, p.1-11.
- Deon, M.D.; T. M. Gomes; A. J. Melfi; C. R. Montes; E. da. Silva. 2010. Produtividade e qualidade da cana-de-acucar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.45, p.1149-1156.
- Díaz Montejó, L. L.; E. T. Portocarrero Rivera. 2002. Manual de Producción de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.). Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 140 p.
- Domaingue, R. 1995. Family and varietal adaptation of sugarcane to dry conditions and relevance to selection procedures. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 21., Bangkok, 1995. Proceedings. Bangkok: ISSCT. p.418-435.
- Espino, L. M. y M.A. Seveso. 1982. Carta detallada de suelos. Semillero del COE Tacuarendí. Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Pcia. de Santa Fe. Dirección de Extensión e Investigación Agropecuarias. Departamento de Agrohidrología. División de Suelos. 1-9.
- Fauconnier, R. y D. Bassereau. 1975. La caña de azúcar. Técnicas Agrícolas y Producciones Tropicales. Editorial Blume. 51-65.
- Gava, G.J. de C.; O. T. Kölln; R. A. M. Uribe; P. C. O. Trivelin; H. Cantarella. 2010. Interação entre água e nitrogênio na produtividade de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.). In: CRUSCIOL, C.A.C.; SILVA, M. de A.; ROSSETO, R.; SORATTO, R.P. Tópicos em Ecofisiologia da Cana-de-Açúcar. Botucatu: FEPAF. p. 49-66.
- Gascho, G.J. 1985. Water sugarcane relationships. Sugar J. 48(6): 11-17.

- Gosal, S. S., Wani, S. H., & Kang, M. S. 2009. Biotechnology and drought tolerance. *Journal of Crop Improvement*, Vol.23, No.1. pp.19-54, ISSN 1542-7536.
- Inman-Bamber, N.G. and M.G. McGlinchey. 2003. Crop coefficients and water use estimates for sugarcane based on long-term Bowen ratio energy balance measurements. *Field Crops Res.* 83:125–138.
- Inman-Bamber, N.G. 2004. Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. *Field Crops Res.* 89:107–122.
- Inman-Bamber, N.G.; D. M. Smith. 2005. Water relations in sugarcane and response to water deficits. *Field Crops Research*, v.92, p.185-202.
- Martin, E. C., W. Stephens, R. Wiedenfeld, H. C. Bittensbender, J. P. Beasley, J. M. Moore, H. Neibling, & J.J. Gallian, 2007. Sugar, oil and fiber. In R. J. Loscano & R. E. Sojka (Eds.), *Irrigation of agricultural crops*, 2nd ed. (pp. 279–335). Madison, WI: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America.
- Meade, G. P. 1967. *Manual del Azúcar de Caña*, Spencer & Meade, 9na. Ed. Montaner y Simon, S.A. España 1967, p. 475-502.
- Micheloud, H. 1980. Ensayo exploratorio de fertilización con nitrógeno y fosforo más riego complementario en caña de azúcar. *Plan cañero*. Anuario 1980. 48-53.
- Mittler, R. 2006 Abiotic stress, the field environment and stress combination. *Trends in Plant Science*, v.11, p.15-19.
- Ministerio de la Producción de Santa Fe. 2009. *Cadena Sucro-Alcoholera Santafesina*. Plan Estratégico. Pág. 2.
- Morison, J. I. L., N. R. Baker, P. M. Mullineaux, W. J. Davies. 2008. Improving water use in crop production. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, Vol.363, No. 1491, (February 2008), pp. 639–658, ISSN 1471-2970.
- Oliveira, R. A.; E. Daros; J. L. C. Zambon; H. Weber; O. I. Ido; K. C. Zuffellato-Ribas; H. S. Koerler; D. K. T. Silva. 2004. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, cana planta, no Estado do Paraná. *Scientia Agrária*, v.5. n.1-2, p.87-94.
- Oliveira, E. C. A.; R. I. Oliveira; B. M. T. Andrade; F. J. Freire; M. A. Lira Júnior; P. R. Machado. 2010. Crescimento e acúmulo de matéria seca em variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.951-960.
- Oliveira, E. C. A.; F. J. Freire; A. C. Oliveira; D. E. Simões Neto; A. T. Rocha; L. A. Carvalho. 2011. Produtividade, eficiência de uso da água e qualidade tecnológica de cana-de-açúcar submetida a diferentes regimes hídricos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, p.617-625.
- Paytas, M (2005). Evolución del índice de área foliar en distintas densidades y distancias de siembra en el cultivo de algodón. En: *Compendio 2a. Reunión Anual del Proyecto Nacional Algodón*, INTA. Argentina. pág. 65-68.
- Ramesh, P. 2000. Effect of different levels of drought during the formative phase on growth parameters and its relationship with dry matter accumulation in sugarcane. *Journal of Agronomy & Crop Science*, v.185, p.83-89.
- Ramesh, P.; M. Mahadevaswamy. 2000. Effect of formative phase drought on different classes of shoots, shoot mortality, cane attributes, yield and quality of four sugarcane cultivars. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v.185, p.249-258.
- Robertson, M.J.; R. A. Donaldson. 1998. Changes in the components of cane and sucrose yield in response to drying-off before harvest. *Field Crops Res.* 55, 201–208.
- Robertson, M.J.; R. C. Muchow; R. A. Donaldson; N. G. Inman-Bamber; A. W. Wood. 1999. Estimating the risk associated with drying-off strategies for irrigated sugarcane before harvest. *Aust. J. Agric. Res.* 50, 65–77.

- Robinson, F.E. 1963. Soil Moisture Tension, Sugarcane Stalk Elongation, and Irrigation Interval Control. *Agronomy Journal*. 55:481-484.
- Romero, E., P Digonzelli, J Scandaliaris, 2009. Manual cañero. 1a ed. Estación Agroindustrial Obispo Colombes, Av. William Cross 3150, (T4101XAC), Las Talitas, Tucumán, Argentina. Pág. 18-20.
- Silva, M. A.; J. A. G. Silva; J. Enciso; V. Sharma; J. Jifon. 2008. Yield components as indicators of drought tolerance of sugarcane. *Scientia Agricola*, v.65, p.620-627.
- Silva, M. A.; R. P. Pincelli. 2010. Alterações morfofisiológicas na cana-de-açúcar em resposta à deficiência hídrica. In: CRUSCIOL, C. A. C *et al.* Tópicos em ecofisiologia da cana-de-açúcar. Botucatu: FEPAF. p. 43-48.
- Silva, M. A.; M. T. Arantes; A. F. Rhein; J. C, G. J. C. Gava; O. T. Kolln. 2014. Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.18, n.3, p.241-249.
- Singels, A., A. J. Kennedy, C. N. Bezuidenhout, 2000. The effect of water stress on sugarcane biomass accumulation and partitioning. *Proc. S. Afr. Sug. Technol. Assoc.* 74, 169-172
- Singh, S.; M. S. Reddy. 1980. Growth, yield and juice quality performance of sugarcane varieties under different soil moisture regimes in relation to drought resistance. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 17, Manila. Proceedings. Manila: ISSCT, 1980. p. 541-555.
- Soares, R.A.B.; P.F.M. Oliveira; H.R. Cardoso; A.C.M. Vasconcelos; M.G.A. Landell; U. Rosenfeld. 2004. Efeito da irrigação sobre o desenvolvimento e a produtividade de duas variedades de cana-de-açúcar colhidas em início de safra. *STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos*, v.22, p.38-41.
- Soopramanien G.C., R. Nayamuth and C.H. Batchelor. 1992. Effect of water regime on yield of drip irrigated first ratoon cane intercropped with maize and groundnut. *Agricultural Water Management*, 22: 281-289.
- Sosa F. A., L.R. Figueroa, C. Hernández, M. Morandini, G.A. Sanzano, A.J. Hasan *et al.* 2008. Respuesta de la caña de azúcar a distintos umbrales de riego por goteo. *Avance Agroindustrial*. 29 (3):36-39.
- Teruel D.A., V. Barbieri, L.A. Ferraro Jr. 1997. Sugarcane leaf area index modeling under different soil water conditions. <http://www.scielo.br/.54>. [10/06/2010].
- Thomas, J.R., F. G. Salinas, L. N. Namken, 1978. Growth and yield of sugarcane as affected by row spacing and irrigation regime. *Proc. Am. Soc. Sugar Cane Technol.* 7, 129-135.
- Wiedefeld, R.P. 1995. Effects of irrigation and N fertilizer application on sugarcane yield and quality. *Field Crops Res.* 43:101-108
- Wiedefeld, R.P. 2000. Water stress during different sugarcane growth periods on yield and response to N fertilization. *Agric. Water Manage.* 43:173-182.
- Wiedefeld, B. and J. Enciso. 2008. Sugarcane Responses to Irrigation and Nitrogen in Semiarid South Texas. *Agronomy Journal*. 100 (3): 665-671.

ANEXO 1

Fotografías representativas de las parcelas de ensayo del módulo experimental de riego por goteo. Centro Operativo Experimental de Tacuarendí. Localidad de Tacuarendí. Santa Fe.



Fotografía tomada el 28 de febrero de 2012. Tratamiento de "Riego" (tres líneas de la izquierda) y tratamiento de "Sin riego en Febrero" (tres líneas de la derecha). Variedad LCP 85-384.



Fotografía tomada el 24 de marzo de 2012. Tratamiento de "Riego" (a la izquierda) y tratamiento de "Secano" (a la derecha). Variedad NA 85-1602.



Fotografía tomada el 24 de marzo de 2012. Tratamiento "Sin riego en febrero" (a la izquierda) y tratamiento "Sin riego en enero" (a la derecha). Variedad NA 85-1602.



Fotografía tomada el 24 de marzo de 2012. Tratamiento "Sin riego en enero y febrero". Variedad NA 85-1602.



Fotografía tomada el 27 de Julio de 2012. Tratamiento “Riego” (a la izquierda) y tratamiento “Secano” (a la derecha). Variedad NA 85-1602.



Fotografía del perfil del suelo donde se observa la profundidad de las raíces encontradas.

ANEXO 2

Tabla de correlaciones entre las distintas variables medidas

A)

Coef de Correlaciones LCP 85-384. 2011/2012	Altura de tallos (cm)	Número de tallos ha ⁻¹	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Rendimiento sacarino (t ha ⁻¹)	Jugos (l ha ⁻¹)	Ms Total (t ha ⁻¹)	Ms de tallos (t ha ⁻¹)	Ms de Hojas (t ha ⁻¹)	Área foliar (m ²)	Brix (°B)	OHTA (mm)	Tasa de elongación de tallos semanal (cm)
Altura de tallos (cm)	x	0,779	0,988	0,991	0,870	0,938	0,945	0,805	0,498 *	0,938	0,984	0,324 *
Número de tallos ha ⁻¹		x	0,763	0,753	0,699	0,634	0,585	0,739	0,775	0,514	0,779	0,824
Rendimiento (t ha ⁻¹)			x	0,997	0,956	0,936	0,909	0,974	0,956	0,946	0,996	0,994
Rendimiento sacarínico (t ha ⁻¹)				x	0,972	0,924	0,894	0,974	0,972	0,946	0,997	0,986
Jugos (l ha ⁻¹)					x	0,913	0,876	0,975	0,992	0,913	0,975	0,932
Ms Total (t ha ⁻¹)						x	0,996	0,974	0,634	0,920	0,937	0,314 *
Ms de tallos (t ha ⁻¹)							x	0,950	0,538	0,909	0,905	0,272 *
Ms de Hojas (t ha ⁻¹)								x	0,890	0,917	0,985	0,420 *
Área foliar (m ²)									x	0,874	0,846	0,420 *
Brix (°B)										x	0,930	0,909
OHTA (mm)											x	0,772
Tasa de elongación de tallos semanal (cm)												x

* Los valores marcados con asterisco (< 0,5), corresponden a correlaciones no significativas.

B)

Coef de Correlaciones LCP 85-384. 2012/2013	Altura de tallos (cm)	Número de tallos ha ⁻¹	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Rendimiento sacarino (t ha ⁻¹)	Jugos (l ha ⁻¹)	Ms Total (t ha ⁻¹)	Ms de tallos (t ha ⁻¹)	Ms de Hojas (t ha ⁻¹)	Área foliar (m ²)	Brix (°B)	OHTA (mm)	Tasa de elongación de tallos semanal (cm)
Altura de tallos (cm)	x	0,474 *	0,950	0,892	0,953	0,926	0,898	0,948	0,959	0,775	0,956	-0,071 *
Número de tallos ha ⁻¹		x	0,421 *	0,662	0,551	0,493 *	0,451 *	0,595	0,164 *	0,132 *	0,474 *	0,269 *
Rendimiento (t ha ⁻¹)			x	0,935	0,438 *	0,726	0,663	0,880	0,772	0,726	0,912	0,971
Rendimiento sacarínico (t ha ⁻¹)				x	0,969	0,855	0,800	0,973	0,790	0,673	0,959	0,898
Jugos (l ha ⁻¹)					x	0,949	0,914	0,997	0,887	0,853	0,967	0,908
Ms Total (t ha ⁻¹)						x	0,995	0,949	0,928	0,823	0,882	-0,316 *
Ms de tallos (t ha ⁻¹)							x	0,914	0,894	0,827	0,836	-0,373 *
Ms de Hojas (t ha ⁻¹)								x	0,969	0,756	0,970	-0,130 *
Área foliar (m ²)									x	0,772	0,736	-0,066 *
Brix (°B)										x	0,691	0,772
OHTA (mm)											x	0,525
Tasa de elongación de tallos semanal (cm)												x

* Los valores marcados con asterisco (< 0,5), corresponden a correlaciones no significativas.

C)

Coef de Correlaciones IA 85-1602. 2011/2012	Altura de tallos (cm)	Número de tallos ha ⁻¹	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Rendimiento sacarino (t ha ⁻¹)	Jugos (l ha ⁻¹)	Ms Total (t ha ⁻¹)	Ms de tallos (t ha ⁻¹)	Ms de Hojas (t ha ⁻¹)	Área foliar (m ²)	Brix (°B)	OHTA (mm)	Tasa de elongación de tallos semanal (cm)
Altura de tallos (cm)	x	0,996	0,989	0,996	0,961	0,973	0,954	0,975	0,913	0,975	0,996	0,708
Número de tallos ha ⁻¹		x	0,979	0,964	0,979	0,937	0,915	0,964	0,955	0,947	0,996	0,983
Rendimiento (t ha ⁻¹)			x	0,992	0,948	0,898	0,868	0,951	0,994	0,971	0,989	0,989
Rendimiento sacarínico (t ha ⁻¹)				x	0,951	0,920	0,894	0,952	0,995	0,988	0,982	0,993
Jugos (l ha ⁻¹)					x	0,954	0,948	0,937	0,924	0,912	0,983	0,977
Ms Total (t ha ⁻¹)						x	0,997	0,973	0,881	0,948	0,938	0,698
Ms de tallos (t ha ⁻¹)							x	0,951	0,838	0,925	0,918	0,677
Ms de Hojas (t ha ⁻¹)								x	0,951	0,978	0,964	0,721
Área foliar (m ²)									x	0,980	0,742	0,807
Brix (°B)										x	0,964	0,984
OHTA (mm)											x	0,899
Tasa de elongación de tallos semanal (cm)												x

* Los valores marcados con asterisco (< 0,5), corresponden a correlaciones no significativas.

D)

Coef de Correlaciones IA 85-1602. 2012/2013	Altura de tallos (cm)	Número de tallos (t ha ⁻¹)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Rendimiento sacarino (t ha ⁻¹)	Jugos (l ha ⁻¹)	Ms Total (t ha ⁻¹)	Ms de tallos (t ha ⁻¹)	Ms de Hojas (t ha ⁻¹)	Área foliar (m ²)	Brix (°B)	OHTA (mm)	Tasa de elongación de tallos semanal (cm)
Altura de tallos (cm)	x	0,587	0,765	0,797	0,943	0,934	0,928	0,926	0,873	0,713	0,998	-0,102 *
Número de tallos ha ⁻¹		x	0,733	0,607	0,696	0,569	0,511	0,721	0,681	0,401 *	0,587	0,556
Rendimiento (t ha ⁻¹)			x	0,985	0,812	0,937	0,898	0,998	0,982	0,336 *	0,884	0,893
Rendimiento sacarínico (t ha ⁻¹)				x	0,853	0,949	0,917	0,987	0,975	0,283 *	0,883	0,905
Jugos (l ha ⁻¹)					x	0,953	0,952	0,886	0,873	0,733	0,977	0,933
Ms Total (t ha ⁻¹)						x	0,995	0,944	0,934	0,552	0,983	-0,362 *
Ms de tallos (t ha ⁻¹)							x	0,907	0,924	0,601	0,988	-0,389 *
Ms de Hojas (t ha ⁻¹)								x	0,939	0,350 *	0,895	-0,238 *
Área foliar (m ²)									x	0,375 *	0,641	-0,223 *
Brix (°B)										x	0,694	0,620
OHTA (mm)											x	0,505
Tasa de elongación de tallos semanal (cm)												x

* Los valores marcados con asterisco (< 0,5), corresponden a correlaciones no significativas.

ANEXO 3

Carta de suelo de la Serie "Tacuarendí" por Espino y Seveso (1982)

CARTA DE SUELOS

SEMILLERO C.O.E TACUARENDI

A los fines de brindar una amplia y precisa información edáfica es que se realizó dicho relevamiento.-

El presente estudio está destinado especialmente a los técnicos y/o profesionales del Centro Operativo Experimental de Tacuarendí, con el propósito de contribuir a un mayor conocimiento de / los suelos del Semillero.

El aporte de nuevos elementos de juicio orientará al técnico, / para aplicar nuevas técnicas productivas en variedades cultivables adaptables a tales condiciones.-

El área en estudio ocupa una superficie total de 30 ha; se reconocieron dos unidades cartográficas a nivel de serie y una / fase por erosión.-

Taxonomicamente ambas series pertenecen al mismo orden de suelos Molisol, suborden Udol, gran grupo Argiudol y Subgrupo / Psaméntico.-

Serie TACUARENDI (Tc)

Los suelos que corresponden a la serie Tacuarendí ocupan aproximadamente una superficie de 13.5 há; presentan un drenaje imperfecto, una pendiente inferior al 1% y un horizonte A₁ de escaso espesor.

Se ubican en ambientes de relieve muy suavemente ondulado a plano. La regularidad morfométrica detiene el libre escurrimiento superficial del agua, concentrándose temporariamente después de

precipitaciones de cierta magnitud.-

En superficie, presenta un horizonte A_1 -divisible en A_p y A_{12} de 15 cm. de espesor, de color pardo grisáceo (seco), franco a franco-limoso,, de estructura granular fina débil, escasa dotación orgánica y algo densificado en su base.

Continúa el horizonte B_1 de 8 cm., pardo grisáceo oscuro (seco) franco-arcillosa, estructurado en bloques angulares y subangulares-medios-moderados, escasos cutanes de materia orgánica y / arcilla y comunes-finos-precisos moteados de Fe-Mn.-

Sigue el horizonte B_2 -divisible a los 42 cm de profundidad en B_{21} y B_{22} de 45 cm. de espesor, franco-arcillo-limoso muy pesado a arcillo-limoso, estructurado en prismas gruesos y fuertes, cutanes de iluviación abundantes y moteados de Fe-Mn comunes, / finos y precisos.-

A partir de los 68 cm y hasta los 112 cm se ubica el horizonte B_3 , franco-arcillo-limoso, presenta bloques angulares y subangulares-medios-moderados, escasos a moderados cutanes y moteados escasos finos y débiles. Debajo se encuentra el horizonte C, franco-arcillo-limoso, masivo y desprovisto de carbonatos.-

La información analítica detallada se da en planilla N^o 1.-

Taxonomicamente la serie Tacuarendí corresponde a un Argiudol psaméntico.

Por su capacidad utilitaria, integra la clase III del sistema clasificatorio elaborado por el Dpto. de Suelos de los EEUU, / con dos subclase definida una por limitaciones de moderada / magnitud presente en la zona de mayor actividad radicular y / la otra de orden climático.-

FORMULARIO DE RESULTADOS ANALITICOS

SERIE TACUARENDI (Tc)

Planilla Nº 1

de Laboratorio	22-779	80	81	82	83	84	85
Horizonte	A ₁	A ₁₂	B ₁	B ₂₁	B ₂₂	B ₃	C
Profundidad (cm.)	0-7	7-15	15-23	23-42	42-68	68-112	112-
Factor de humedad	1.009	1.011	1.024	1.042	1.037	1.030	1.027
C (%)	0.91	0.90	0.87	0.95	0.43	0.13	0.08
N (%)	0.072	0.068	0.094	0.089	0.052	0.037	0.018
C/N	12	13	9	10	8	4	4
Arcilla (<2 μ)	16.5	17.0	30.0	39.0	40.6	37.5	31.4
Limo (2-20 μ)	15.0	17.5	17.0	17.5	14.5	18.0	21.5
Limo (2-50 μ)	49.4	46.6	43.6	40.7	40.5	41.5	42.0
Arena m. fina (50-100 μ)	12.2	12.4	9.8	7.5	6.0	8.6	10.4
Arena fina (100-250 μ)	20.3	22.0	15.3	11.6	11.7	11.2	14.8
Arena media (250-500 μ)	1.6	2.0	1.3	1.2	1.2	1.2	1.4
Arena gruesa (500-1000 μ)	-	-	-	-	-	-	-
Arena m.gr. (1000-2000 μ)	-	-	-	-	-	-	-
Plasticación (%)	-	-	-	-	-	-	-
Índice de humedad (%)	20.7	21.2	27.8	35.6	29.9	27.3	25.4
Resistencia en pasta (Ohms)	8.097	6.747	4.499	2.925	2.386	1.126	2.700
H ₂ O (1:2,5)	6.1	5.9	6.0	6.1	7.5	7.2	7.4
Conductividad (mmhos/cm.)	-	-	-	-	-	-	-
Ca ⁺⁺	8.0	8.0	13.6	19.0	20.0	18.0	14.0
Mg ⁺⁺	1.6	1.0	2.4	4.2	3.8	4.0	4.2
Na ⁺	0.3	0.2	0.2	0.4	0.4	0.3	0.3
K ⁺	0.3	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.6
(m.e./100 gr.)	10.2	9.4	16.5	24.0	24.6	22.7	19.1
S analítico (m.e./100 gr.)							
(m.e./100)NH ₄	13.8	12.8	20.0	28.0	27.6	24.0	20.2
Curación de T							
Insoluble (%)	20	10	10	-	-	-	-
Insoluble (%)	160	100	100	-	-	-	-
Gr. (%)							

iones: MO. gr%..... 1.6 1.6 1.5 1.6 0.7 0.2 0.1

Entre las principales limitaciones que presenta podemos enunciar:

- Una desequilibrada economía del agua, con pronunciados encharcamientos despues de fuertes precipitaciones por deficiente drenaje y escasa disponibilidad de humedad útil durante períodos secos por elevada proporción de arena superficial.
- Escaso nivel orgánico y débil agregación superficial.
- Moderada fertilidad actual y escasa fertilidad potencial.
- Cierta densificación entre los 7 y 15 cm de profundidad.
- Irregular distribución de lluvias.-

Serie SEMILLERO (Sm)

Los suelos que componen la serie Semillero ocupan una superficie aproximada de 13 ha; presentan un drenaje moderadamente bueno, una pendiente de 1-3% de dirección predominante norte y un relieve muy suavemente ondulado.-

Son suelos que tienen una marcada proporción de arenas (40-50%) en su parte superior y un moderado espesor de horizonte apto / agricolamente (A_1+A_3).-

En superficie presentan un horizonte A_1 -divisible a los 12 cm en A_p y A_{12} - de 22 cm de espesor, granular-fino-débil el primero y en bloques subangulares-finos-débiles el segundo; el color es pardo grisáceo (seco), la textura franca, la reacción medianamente ácida y el nivel orgánico bajo.-

Continúa un horizonte transicional A_3 de 15 cm de espesor, estructurado en bloques subangulares-medios-finos, de textura franca y con escasa presencia de cutanes órgano-argillanes.-