

Ramírez Cáceres, Guido M.

Efecto del fotoperíodo y la temporada sobre el ciclo ontogénico de dos variedades de cebada cervecera (Scarlett y C61)

**Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria
Facultad de Ciencias Agrarias**

Este documento está disponible en la Biblioteca Digital de la Universidad Católica Argentina, repositorio institucional desarrollado por la Biblioteca Central "San Benito Abad". Su objetivo es difundir y preservar la producción intelectual de la Institución.

La Biblioteca posee la autorización del autor para su divulgación en línea.

Cómo citar el documento:

Ramírez Cáceres, G. M. 2013. Efecto del fotoperíodo y la temperatura sobre el ciclo ontogénico de dos variedades de cebada cervecera (Scarlett y C61) [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en:
<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/efecto-fotoperiodo-temperatura-cebada.pdf> [Fecha de consulta:...]



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

**Facultad de Ciencias Agrarias
Ingeniería en Producción Agropecuaria**

*“Efecto del fotoperíodo y la temperatura sobre el ciclo ontogénico
de dos variedades de cebada cervecera (Scarlett y C61)”*

**Trabajo final de graduación para optar por el título de:
Ingeniero en Producción Agropecuaria**

Autor: Guido M. Ramírez Cáceres

Tutora: Inés Daverede

Co-tutor: Fernando Miguez

Fecha: 17 de julio de 2013

Modalidad: experimental

Índice

Resumen.....	2
Introducción.....	3
Materiales y métodos.....	9
Resultados y discusión.....	12
Conclusiones.....	20
Anexo I.....	21
Anexo II.....	23

Bibliografia..... 32

Resumen- Abstract

La superficie sembrada con cebada cervecera ha crecido de forma sostenida en los últimos años. Sin embargo, una gran parte de esta superficie se realiza con una sola variedad, Scarlett, con los riesgos que esto conlleva.

Los principales factores que modifican la duración del ciclo de la cebada son: temperatura, fotoperíodo y el requerimiento de vernalización. Se llevó a cabo una comparación entre dos variedades (Scarlett y C61) de cebada cervecera de 2 hileras (*Hordeum vulgare L.*), sembradas en 6 fechas distintas (14 de mayo al 23 agosto de 2012), con el objetivo de observar el comportamiento frente a distintos fotoperíodos y temperaturas de ambos materiales. Los tratamientos realizados fueron 12, contando cada uno con 2 repeticiones. El ensayo se realizó en las parcelas demostrativas de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Pontificia Universidad Católica Argentina (Lat.34°34'S, 58°26'O).

Se notó un claro acortamiento en los ciclos de ambas variedades a medida que se atrasaba la fecha de siembra, yendo de 160 a 102 días en la variedad Scarlett y de 164 a 106 días en C61. En términos de tiempo térmico, la variación fue de 1336 a 1245 °Cdía para Scarlett y de 1352 a 1295 °Cdía para C61.

En términos de tiempo térmico, y teniendo en cuenta la pendiente obtenida en la regresión (hs luz vs tiempo térmico) de ambas variedades para la etapa emergencia-floración, se observó que Scarlett posee una mayor sensibilidad fotoperiódica, necesitando unos 81°C día menos por cada hora más de fotoperíodo promedio. En el caso de C61, la disminución es de unos 45°C día por cada hora de luz. Para ambas variedades el efecto de las horas luz sobre el ciclo medido tiempo térmico (etapa emergencia-floración) fue significativo.

El umbral fotoperiódico se ubica en torno a las 12,5 hs luz para ambos materiales. Al analizar cada etapa dentro de cada variedad, se observó que no hay efecto del fotoperíodo sobre la duración de las etapas emergencia-encañazón y floración-grano duro. Se vio un cierto efecto en la etapa de encañazón-floración, aunque no fue significativo. La tendencia en estas etapas, fue la de una progresiva reducción a lo largo de las 6 fechas de siembra de ambos cultivares.

Palabras clave: *cebada cervecera, desarrollo, ciclo ontogénico, fenología, fotoperíodo, temperatura, fecha de siembra, Scarlett, C61*

Introducción

El cultivo de cebada es el cuarto cereal del mundo por volumen de producción, detrás de maíz, arroz y trigo, totalizando unas 136 millones de toneladas. Los principales productores a nivel mundial son la Unión Europea (Francia, España y Alemania principalmente), Rusia y Canadá. El rendimiento promedio se ubica alrededor de los 2400 kg/ha. (FAOSTAT, 2007)(Tabla 1)

Tabla n°1. Área cosechada, producción y rendimiento promedio en los principales productores a nivel mundial. (Fuente: FAOSTAT)

País	Área cosechada (M ha)	Producción (M tn)	Rendimiento (tn/ha)
Rusia	9,6	15,7	1,6
Canada	4,1	11,8	2,9
España	3,2	11,7	3,6
Alemania	1,9	11	5,7
Francia	1,7	9,5	5,6
Total mundial	56,6	136,2	2,4

La Argentina, 9° en el ranking de países productores mundiales (FAOSTAT, 2011) y el principal productor de cebada de Sudamérica, ha experimentado un crecimiento notable y sostenido de su producción desde fines de los años 80, aumentando su rendimiento a razón de 50 kg/ha año⁻¹ (FAO, 2010). En los últimos años y por diversas circunstancias, ha entrado en consideración en los planteos de rotaciones de productores de diversas zonas, estableciéndose como una alternativa más a la hora de pensar en cultivos invernales.

En nuestro país, las cebadas malteras exhiben 2 hileras. La provincia de Buenos Aires concentra alrededor del 90% de la producción nacional. El resto se divide entre el noreste de La Pampa y el sur de Córdoba. De esta misma forma, la elaboración de malta en el país también se encuentra altamente concentrada (más del 90%) por dos firmas (AB-InBev y Cargill) con varias plantas de malteado cercanas a las zonas de origen de la materia prima.

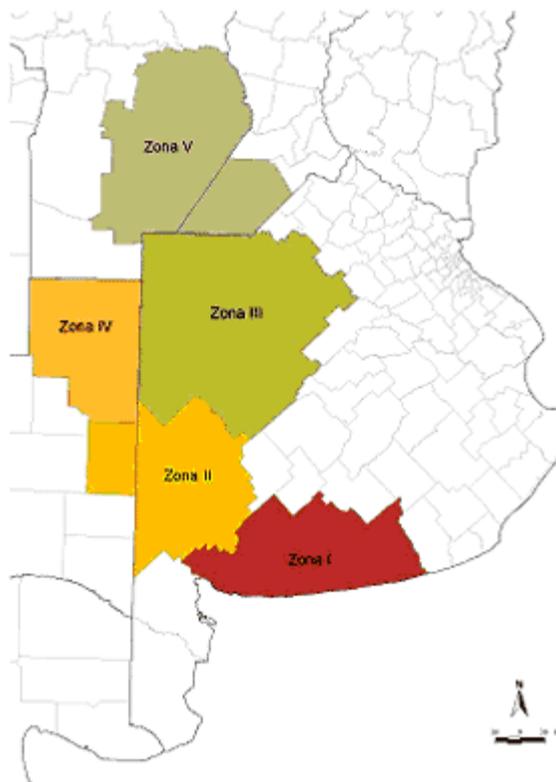


Figura 1. Principales zonas de producción de cebada cervecera en la Argentina (Fuente: MAGyP)

El principal destino de las exportaciones argentinas de cebada es Brasil (SENASA, 2012). La proyección USDA al 2020 es que nuestro vecino país seguirá importando entre 300 y 400 mil toneladas y que Argentina exportará entre 1 y 1,35 millones de ton, lo que genera la necesidad de contar con otros compradores. El mercado está creciendo por la fuerte demanda de cerveza de algunos países desarrollados, siendo China el mayor importador mundial de cebada cervecera. El fuerte consumo del gigante asiático se debe fundamentalmente al crecimiento poblacional y de sus ingresos. Esta gran demanda podría ser satisfecha por la producción nacional, que solamente en las últimas 4 campañas, aumentó de 1,36 millones de toneladas al record histórico de 5 millones de toneladas (BCBA, 2013), de las cuales alrededor de 1,15 millones de toneladas se destinan al mercado interno y el volumen restante a la exportación (MAGyP, 2011).

El principal fundamento del fuerte crecimiento productivo de la cebada sigue siendo la crisis de comercialización que atraviesa actualmente el trigo, producto de la intervención del Gobierno en el mercado, limitando los cupos de exportación y desalentando a los productores, que perciben un precio menor al llamado FAS teórico que deberían recibir por parte de molinos e industrias. Sumado a esto, la cebada se presenta como una excelente alternativa para reemplazar al trigo por presentar algunas ventajas agronómicas como la anticipación de la cosecha, ya que se trilla 10-15 días antes que el trigo, permitiendo liberar antes el lote para

una siembra anticipada de soja de 2^{da}, de mayor potencial de rendimiento (Calviño et al., 2002, 2003). Otra característica que posee es una mayor adaptación a ambientes más limitantes, ya que tiene una mayor eficiencia del uso del agua respecto al trigo y tolera mejor suelos someros, con tosca o de poca profundidad, y aún suelos salinos.

La industria cervecera a través de las malterías les exige a los productores de cebada una serie de normas de calidad para que el cultivo pueda ser utilizado para tal fin, entre ellos se destacan el contenido de proteína (entre 10 y 12% sobre la sustancia seca), el calibre de los granos (85% sobre zaranda de 2,5 mm mínimo) y el poder germinativo (superior al 98%).

La producción se regula por contratos con estas empresas, presentando excelentes alternativas para la venta a industria. En caso de no cumplir con los requisitos de calidad puede ser destinada al mercado forrajero, donde se observa una demanda creciente en los últimos años, principalmente de países como Arabia Saudita. Asimismo, subproductos de las malterías, como por ejemplo el brote de malta, constituyen una fuente de importancia para la suplementación proteica en la alimentación animal.

El abanico varietal de cebada cervecera es acotado, con un 87% de la superficie sembrada con una sola variedad, Scarlett, con los riesgos epidémicos que esta situación presenta (Tabla 2). Teniendo como objetivo revertir esta situación, y debido al aumento constante en la producción nacional, se han lanzado nuevas variedades al mercado y se espera por la introducción de algunas más. Las variedades modernas apuntan a lograr un mayor potencial de rendimiento, un mejor perfil sanitario y una óptima calidad industrial. A modo de ejemplo, cabe señalar que la empresa Nidera ha lanzado recientemente al mercado Explorer, la primera variedad de cebada de la firma, que según ensayos realizados por la compañía, rinde entre un 11 y 16% más que Scarlett. Algo similar se ha visto con variedades como Andreia o Scrabble. Es de esperar que en los próximos años se presenten nuevos cultivares, de forma de otorgar nuevas opciones frente a distintos ambientes y manejos productivos.

La variedad Scarlett, originaria de Alemania, presenta un ciclo vegetativo intermedio a largo, la fecha de siembra en zona sudoeste de Bs. As abarca del 1 al 30 de junio. El porte es semirrastrero, presenta una gran capacidad de macollaje, posee un vástago muy resistente, en cuanto a su comportamiento frente a enfermedades, es moderadamente resistente a roya y mancha en red y moderadamente susceptible a escaldadura. La altura de trilla es de 70-75 cm.

Por su parte, C61, de origen norteamericano y porte más erecto, se destaca por su alta calidad maltera. Posee una mayor susceptibilidad a enfermedades que la anterior (mancha en red y mancha borrosa principalmente). Por ser un material precomercial hay características de la misma que aún están bajo estudio.

Tabla n°2. Distribución varietal del área sembrada en la Argentina. (Fuente: Mario Cattáneo, presentación en Congreso “A todo trigo 2013”)

Variedad	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Scarlett	64%	70%	80%	75%	80%	87,10%
Shakira		1%	5%	8%	6%	3,8%
Q. Painé	7%	6%	2%	3%	2%	1,3%
Q. Carisma				3%	2%	1,1%
MP2122				2%	2%	1,6%
Q. Alfa	3%	2%	1%	2%	1%	0,2%
MP1109	3%	4%	2%	1%	1%	0,3%
MP1012					2%	1,3%
Andreia					1%	1%
Otras	4%	1%	5%	3%	2%	2%

La fecha de siembra es una medida de manejo esencial para llegar a la conjugación más adecuada entre los requerimientos de un cultivar y la oferta ambiental (temperatura, fotoperíodo, precipitaciones). Kirby (1982), estudió la relación entre la tasa de desarrollo de las hojas de cebada y la fecha de siembra, y entre la respuesta térmica y la duración del día. Ventimiglia y Torrens Baudrix (2011, 2012) han estudiado el efecto de la fecha de siembra sobre el rendimiento y sobre la calidad del grano en diversas variedades. En sus ensayos evidenciaron la asociación inversa entre rendimiento y calidad y el mayor potencial de rendimiento de las siembras tempranas.

En cuanto a los factores ambientales que modifican el desarrollo, podemos mencionar que la temperatura acelera todos los procesos biológicos y que cada especie vegetal y cada variedad tiene una temperatura base y otra máxima, que corresponde a aquella temperatura por debajo o por encima de la cual no se registra desarrollo alguno, respectivamente, y una temperatura óptima, donde la tasa de desarrollo alcanza su máximo valor (Miralles et al, 2003). Para el caso de la cebada, la temperatura crítica y óptima promedio es de 44,3 °C y 21,1°C respectivamente (Yan y Hunt, 1999), mientras que la temperatura base es de 0°C (Cao y Moss, 1989).

Cabe remarcar el concepto de tiempo térmico o suma térmica, que consiste en la suma de los valores de temperatura media diaria que superen a la temperatura base o mínima para el desarrollo. Este criterio puede utilizarse para la totalidad del ciclo o por etapas, según la siguiente ecuación:

$$TTA-B = \sum (Tmi - Tb)$$

donde TTA-B es el tiempo térmico comprendido entre los estadios fenológicos A y B (medido en °C día), Tmi es la temperatura media de cada día i (°C), y Tb es la temperatura base del cultivo.

En lo que respecta al fotoperíodo, la cebada, al igual que el trigo, tiene una respuesta fotoperiódica de tipo cuantitativa de día largo. Es decir, que a medida

que se incrementa el fotoperíodo (de junio a diciembre en el hemisferio Sur), el ciclo ontogénico se acorta gradualmente hasta un determinado punto llamado fotoperíodo umbral, en el cual se llega al fotoperíodo óptimo, donde la respuesta a este factor se satura y su duración solo es modificada por la temperatura.

La sensibilidad frente al fotoperíodo y el fotoperíodo umbral son características genéticas y por lo tanto, variables entre cultivares de cebada, incluso la sensibilidad varía también en un mismo cultivar para diversas etapas del desarrollo. Whitechurch et al, (2007) encontraron diferencias entre cultivares de cebada para el período de elongación de entrenudos, explicadas a través de la distinta sensibilidad al fotoperíodo de los distintos materiales. Algo similar concluyó Gear (2005), al comparar genotipos disponibles en el mercado argentino y europeo. Tomando diversas variedades presentes en la Argentina, Brasil y Uruguay, Alzueta (2008) y Colombo (2010), observaron diferencias de sensibilidad fotoperiódica entre cultivares, en la etapa emergencia-floración y en la etapa encañazón-espigazón (Z31 a Z6.0 de la escala Zadoks).

La respuesta fotoperiódica puede ser de tipo cuantitativa, acortándose las etapas progresivamente al aumentar el largo del día en la medida que se acerca al fotoperíodo umbral u óptimo, o cualitativa, hasta no alcanzar el umbral no hay desarrollo, su duración es infinita y una vez alcanzado la duración de cada etapa es mínima (Satorre et al., 2003).

La predicción de la fenología de distintos materiales es una valiosa estrategia para escapar a diferentes eventos de stress. Proveer las condiciones propicias para aumentar la duración de ciertas etapas vinculadas estrechamente a la generación de rendimiento es otra de las causas principales para este tipo de estudios.

Hipótesis:

- 1) La duración de las etapas del cultivo de cada variedad se verá afectada por el fotoperíodo.
- 2) Las variedades Scarlett y C61 presentan una distinta sensibilidad fotoperiódica.

Objetivo general:

- Determinar el efecto del fotoperíodo sobre la regulación del desarrollo a floración de las variedades Scarlett y C61.

Objetivos específicos:

- 1) Cuantificar el tiempo en respuesta al fotoperíodo para las distintas etapas de desarrollo (Em-Fl, Em-En, En-Fl, Fl-Gd).
 - Caracterizar la respuesta fotoperiódica de Scarlett y C61 en términos de sensibilidad.
 - Comparar variedades en cuanto a su sensibilidad fotoperiódica.

- 2) Comprobar que los requerimientos de vernalización son nulos o lo suficientemente bajos como para ser cumplidos en condiciones de campo.
- 3) Observar características fenotípicas de ambas variedades (hábito de crecimiento, vuelco, comportamiento frente a enfermedades).

Materiales y métodos

Diseño del ensayo

Se empleó un diseño en bloques completos aleatorizados (DBCA). Se realizaron doce tratamientos, con 2 repeticiones cada uno, aleatorizados y dispuestos en 6 bloques divididos cada uno en 4.

T1: variedad Scarlett sembrada el 14/5/2012
T2: variedad C61 sembrada el 14/5/2012
T3: variedad Scarlett sembrada el 2/6/2012
T4: variedad C61 sembrada el 2/6/2012
T5: variedad Scarlett sembrada el 21/6/2012
T6: variedad C61 sembrada el 21/6/2012
T7: variedad Scarlett sembrada el 12/7/2012
T8: variedad C61 sembrada el 12/7/2012
T9: variedad Scarlett sembrada el 31/7/2012
T10: variedad C61 sembrada el 31/7/2012
T11: variedad Scarlett sembrada el 23/8/2012
T12: variedad C61 sembrada el 23/8/2012

Cada unidad experimental estuvo constituida por parcelas de 1,5 m por 3 m.; es decir que el ensayo contó con 24 parcelas de 4,5 m², totalizando 108 m² de superficie.

Previo a la siembra se realizó un desmalezado y carpido de las parcelas con azada, refinando luego con rastrillo los terrones remanentes y nivelando el terreno. La distancia entre surcos fue de 20 cm, totalizando 7 surcos por parcela. La siembra se realizó de forma manual, buscando una densidad de 300 plantas/m². Los datos meteorológicos fueron tomados de la estación Villa Ortúzar del Servicio Meteorológico Nacional (Lat. 34° 36' S, 58° 30' O).

Se tomó el dato de plantas logradas por m² y se registró la fecha en la que el 50% de las plantas de cada repetición de cada tratamiento llegó a las etapas de emergencia (Em), encañazón (En), floración (Fl) y madurez (Gd).

Asimismo, durante el transcurso del ensayo se produjo un ataque de severidad considerable de oidio (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) en ambas variedades, aunque la severidad fue mayor en C61. Esto obligó a realizar una aplicación con fungicida sistémico (tebuconazole), para garantizar la supervivencia de algunas plántulas que se veían gravemente afectadas.

A continuación se detalla un esquema del diseño del ensayo, donde se puede ver la disposición de los tratamientos:

				T5 (R1)	T6 (R1)	T9 (R1)	T10 (R1)
				T6 (R2)	T5 (R2)	T10 (R2)	T9 (R2)
T1 (R1)	T2 (R1)	T8 (R1)	T7 (R1)	T12 (R1)	T11 (R1)	T4 (R1)	T3 (R1)
T2 (R2)	T1 (R2)	T7 (R2)	T8 (R2)	T11 (R2)	T12 (R2)	T3 (R2)	T4 (R2)

Figura n°2. Disposición de los tratamientos en el ensayo

Modelo estadístico

El modelo utilizado es el de regresión lineal simple, en el que ambas variables son cuantitativas. El comportamiento de la variable respuesta o de interés (y), es aleatoria, se explica por el efecto de la variable explicatoria o independiente (x) y un error aleatorio, dado por otras variables no consideradas en el modelo más la variabilidad natural entre individuos.

De esta forma,

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + e$$

β_0 : ordenada al origen, es decir, el punto de intersección de la recta con el eje “y” cuando “x” es igual a 0.

β_1 : pendiente, que puede interpretarse como el incremento de la variable dependiente por cada incremento en una unidad de la variable independiente.

e: error aleatorio, no explicado por el modelo y que se debe a todas las variables no contempladas en el análisis más la variabilidad natural entre individuos.

Para el caso particular del ensayo realizado, la variable explicatoria es el fotoperiodo promedio (medido en horas) correspondiente a la etapa analizada, la variable respuesta es el tiempo térmico correspondiente a la etapa analizada (en °C día); “ β_1 ” es la variación del tiempo térmico por cada aumento unitario en el fotoperiodo; “ β_0 ” es el tiempo térmico en caso de que el fotoperíodo fuese igual a 0.

Para el diseño en bloques al azar, los supuestos fueron los siguientes:

- Independencia y aleatoriedad: las respuestas de los bloques deben ser independientes entre sí y las muestras deben ser aleatorias.
- Normalidad: las observaciones de cada tratamiento deben proceder de poblaciones con distribución normal. Este supuesto fue probado gráficamente

mediante QQ-Plot, y estadísticamente mediante la prueba de Shapiro-Wilks modificado.

- Homocedasticidad: Los tratamientos deben tener la misma variabilidad. Este supuesto fue probado mediante el gráfico de dispersión.

Para la comparación de pendientes, se crearon variables auxiliares (dummies). Las pruebas y análisis fueron realizados con el software estadístico Infostat y GraphPad Prism 6. Se consideraron significativas las pruebas con p-valor $<0,10$.

Resultados y discusión

Al analizar la duración de las etapas de ambas variedades, se observa que al atrasarse la siembra, se produce un acortamiento, tanto en días como en tiempo térmico. (Gráficos 1 y 2).

En lo que respecta a la duración en días, para Scarlett, el ciclo Em-Gd (madurez) varió entre los 153 a 93 días (Gráfico 1, G) mientras que para C61, la misma etapa osciló entre los 157 a los 99 días entre la primera y última fecha de siembra (Gráfico 1, B). La etapa Em-En fue de 75 a 48 días para Scarlett y de 72 a 46 para C61 (Gráfico 1, H y C). La etapa En-F1 fluctuó entre 42,5 y 24 días para Scarlett (Gráfico 1, I), y entre 44 y 25 días para C61 (Gráfico 1, D), mientras que para la etapa F1-Gd la duración fue de 43 a 23 días para Scarlett (Gráfico 1, J), y de 46 a 24 días para C61 (Gráfico 1, E).

En la medida en la que se atrasó la fecha de siembra, se observó una tendencia a una reducción progresiva en el número de días de cada etapa analizada.

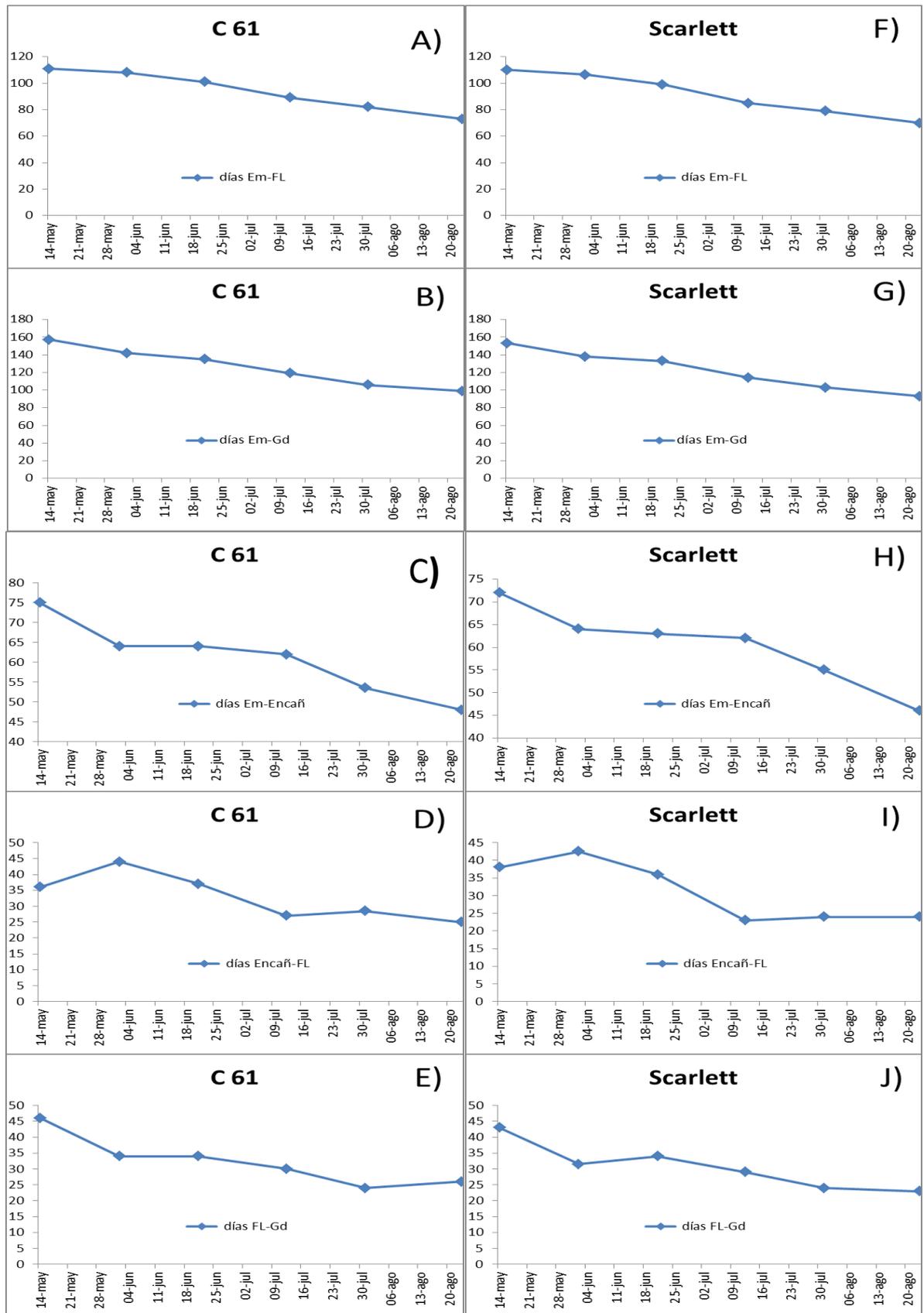


Grafico n°1. Duración en días de cada una de las etapas (Em-FL, Em-Gd, Em-En, En-FL, FL-Gd) de cada tratamiento.

También, se determinaron los tiempos térmicos de ambas variedades en las 6 fechas de siembra y en las 3 etapas consideradas: emergencia-encañazón (Em-En), encañazón-floración (En-Fl) y floración-grano duro (Fl-Gd). (Gráfico 2).

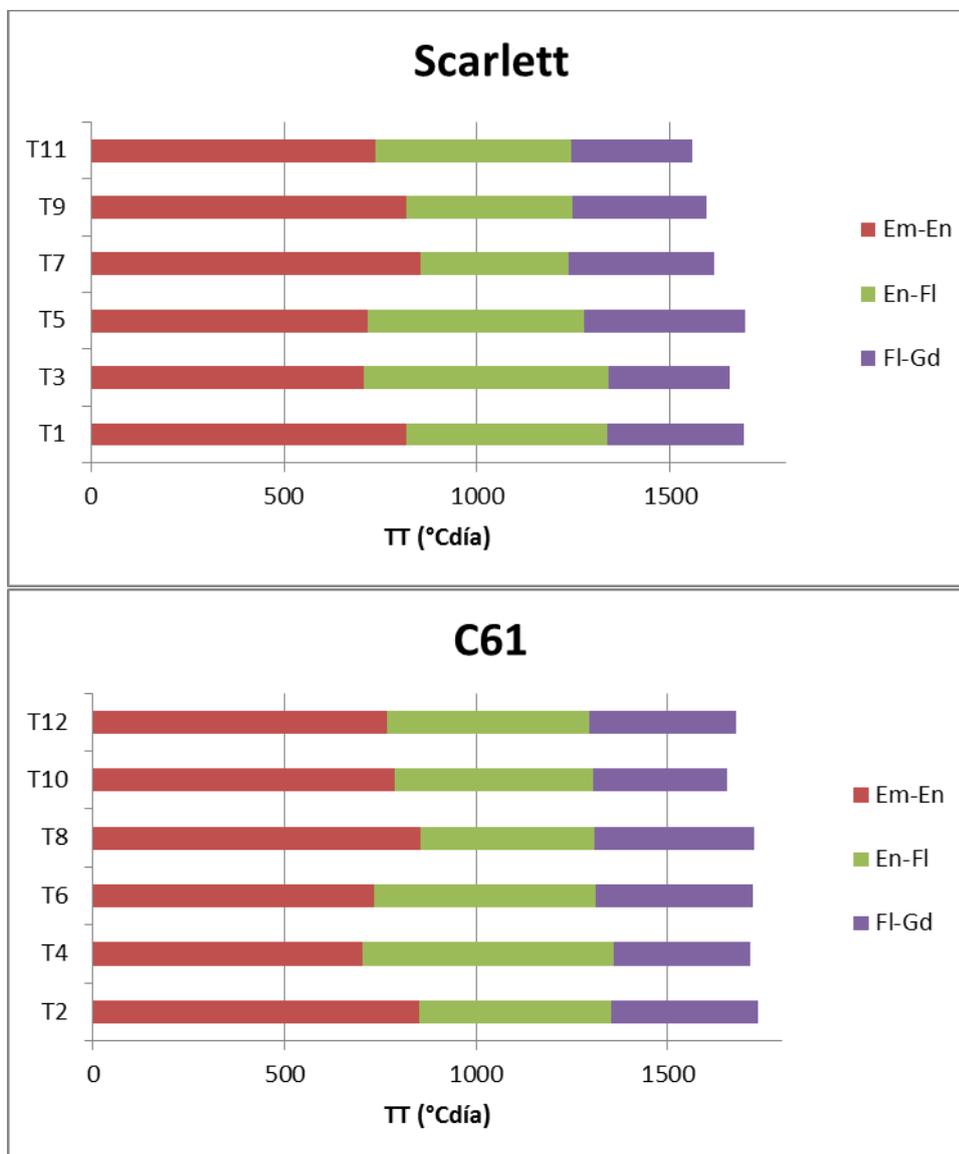


Gráfico n°2. Duración de las etapas en TT (°Cdía) para ambas variedades en cada uno de los tratamientos.

Resulta de importancia reconocer aquellas etapas cuya duración está directamente relacionada con el rendimiento del cultivo, como la de elongación de entrenudos (En-Fl) y llenado de granos (Fl-Gd).

A partir de los gráficos anteriores (1 y 2), se puede observar que a pesar del atraso en la fecha de siembra, no se produce una prolongación del periodo emergencia-encañazón, por lo que se infiere que los materiales o no presentan requerimientos

de vernalización, o estos requerimientos son bajos, y pueden ser completados a campo.

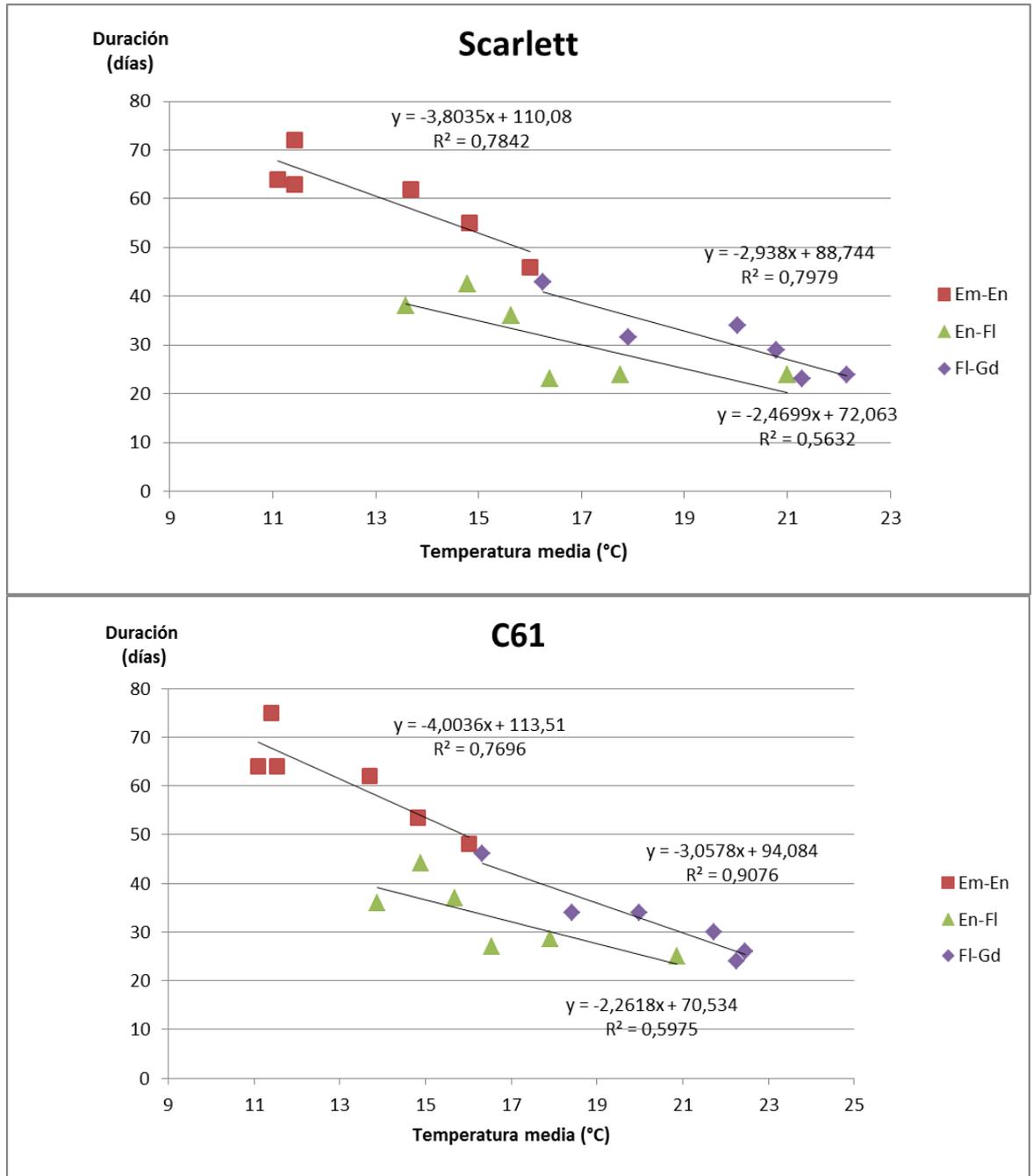


Gráfico n°3. Correlación entre la temperatura media y la duración de cada etapa

La variación en la duración de las distintas etapas estuvo explicada en su mayor parte por el efecto de la temperatura, alcanzando valores cercanos al 80 % o más. En ambos materiales, la etapa de encañazón-floración fue la que mostró tener influencia del fotoperíodo. (Gráfico 3)

Se ajustaron las siguientes funciones lineales, que relacionan el tiempo térmico (medido en °Cdia) y las horas de luz para las variedades C61 (Tabla 4 y Gráfico 4) y Scarlett (Tabla 5 y Gráfico 5) según las distintas etapas fenológicas:

Tabla n°3. Rectas de regresión de la variedad C61

	Pendiente	Ordenada	P-valor	R ²
Em-En	5,67	721,34	0,8796	0,01
En-Fl	-25,44	852,63	0,5161	0,11
Fl-Gd	2,74	347,83	0,9085	0,003

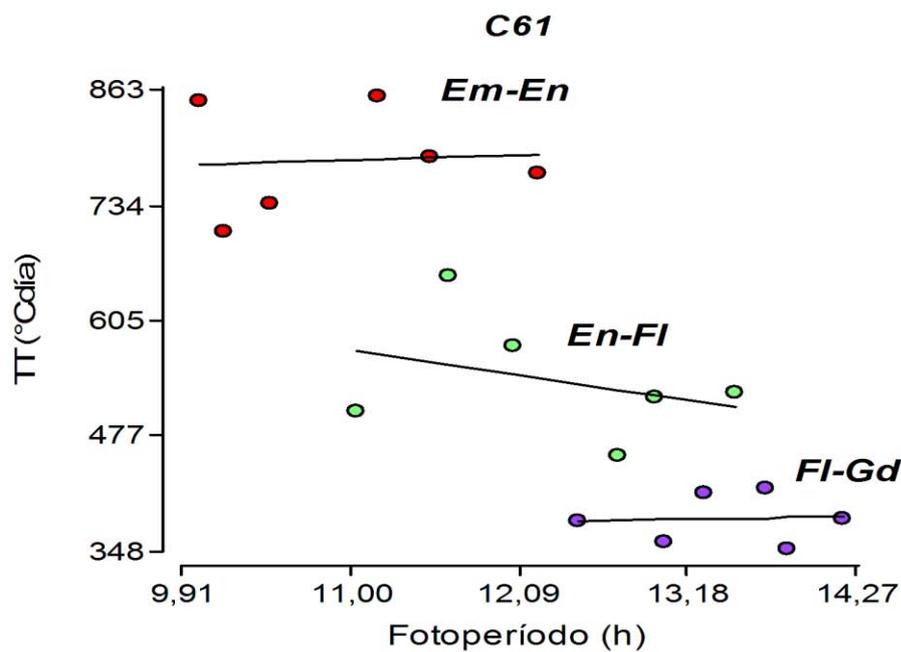


Gráfico n°4. Rectas de regresión para las distintas etapas (Em-En, En-Fl y Fl-Gd) de la variedad C61.

Tabla n°4. Rectas de regresión de la variedad Scarlett

	Pendiente	Ordenada	P-valor	R ²
Em-En	10,53	659,05	0,7857	0,02
En-Fl	-52,18	1146,98	0,287	0,27
Fl-Gd	-9,71	483,59	0,7701	0,02

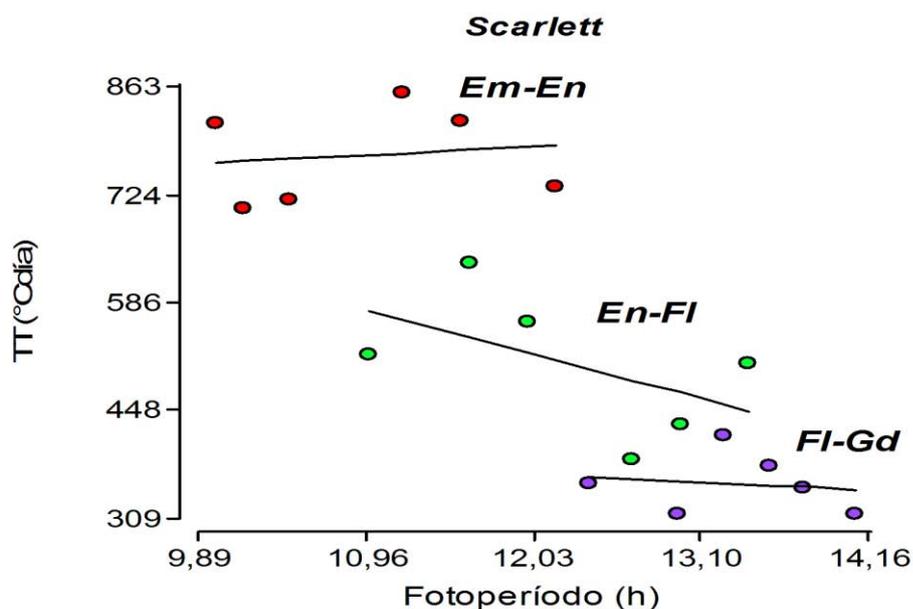


Gráfico n°5. Rectas de regresión para las distintas etapas (Em-En, En-Fl y Fl-Gd) de la variedad Scarlett.

Si bien estos resultados, para ambos genotipos, no difieren estadísticamente, la tendencia muestra un acortamiento de la etapa En-Fl por acción del fotoperíodo.

Parte de estos resultados pueden explicarse por la gran incidencia del vuelco en ambas variedades y las altas temperaturas (por encima de los 30°C) registradas durante los primeros días del mes de noviembre, y sabiendo que el modelo de tiempo térmico funciona con temperaturas sub-óptimas, pero es deficiente cuando el cultivo es expuesto a condiciones extremas (Slafer y Rawson, 1995).

Cuando se analiza el periodo emergencia-floración (aparición de aristas) la regresión para ambas variedades, los resultados son los siguientes:

Tabla n°5. Rectas de regresión de ambas variedades para la etapa Em-Fl

	Pendiente	Ordenada	P-valor	R ²
C61	-44,73	1860,68	0,0097	0,79
Scarlett	-81,66	2233,42	0,0078	0,91

A partir de la tabla 5, con los bajos p-valor obtenidos para cada variedad, queda en evidencia el efecto significativo del fotoperíodo sobre la duración de la etapa Em-Fl medido en tiempo térmico. Asimismo, a través de las pendientes en las regresiones de ambas variedades para esta etapa, es posible afirmar que la variedad Scarlett acorta el ciclo unos 82°Cdia por cada aumento unitario en las horas de luz a las que se expone. Este valor se aproxima bastante a aquel obtenido de 58°Cdia obtenido en otros ensayos similares (Alzuet, comunicación personal). Por su parte, la variedad C61, ve disminuido en unos 45°Cdia el tiempo térmico de esta etapa por cada aumento unitario en las horas luz a las que se ve expuesta

durante este mismo período. El umbral fotoperiódico para ambas variedades es similar, ubicándose alrededor de las 12,5 horas luz, ya que a partir de este valor la duración de la etapa en tiempo térmico no se ve modificada. (Gráfico 6)

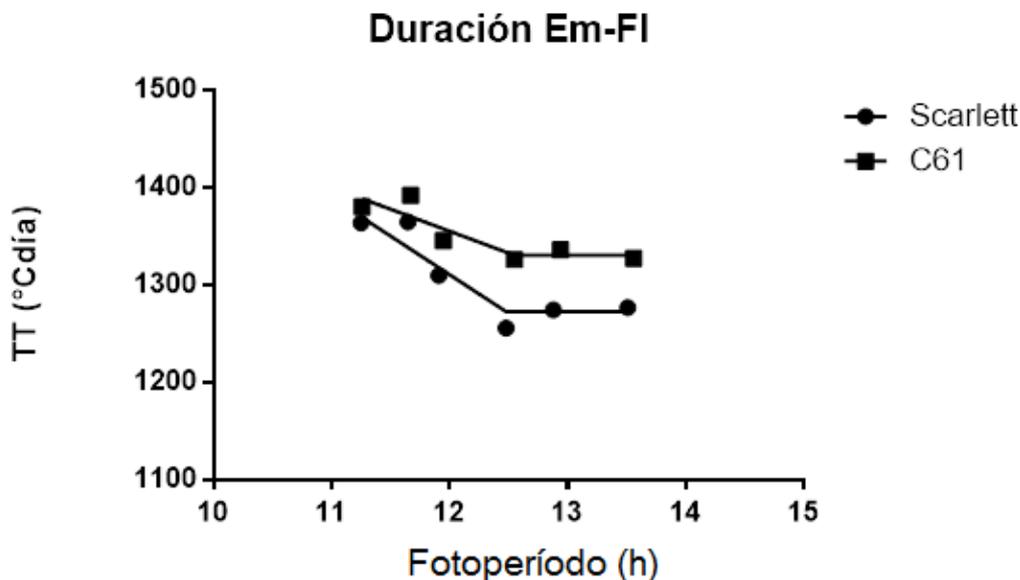


Gráfico n°6. Duración de la etapa Em-FI según los distintos fotoperiodos explorados.

Al analizar si las pendientes de ambas variedades, éstas no difieren significativamente ($p=0,1730$), lo que indica que son similares (Tabla 6 en Anexo). Utilizando el programa Prism, se llega al mismo resultado, que indica un comportamiento similar de ambos cultivares. La ordenada al origen de ambas rectas tampoco difiere.

Estos resultados indican que estos dos cultivares tienen un comportamiento semejante con respecto al fotoperiodo, lo que resulta esperable ya que ambas se ubican entre las variedades más insensibles al fotoperiodo presentes en el país. Por lo tanto, el manejo agronómico para ambos genotipos, en cuanto al comportamiento frente a los factores ambientales que controlan el desarrollo, debería ser análogo para ambos materiales.

En cuanto a las características propias de cada variedad observadas durante el ensayo y a los distintos acontecimientos durante la realización del mismo cabe remarcar que el ambiente fue propicio para el desarrollo de enfermedades fúngicas en cuanto a temperatura y humedad (14-25°C de media mensual y 739 mm en el periodo agosto-noviembre según SMN).

Al analizar el comportamiento frente a enfermedades como mancha en red (*Dreschlera teres*) y mancha borrosa (*Bipolaris sorokiniana*) se vio claramente una mayor susceptibilidad a estas por parte de la variedad C61.

A la hora de diferenciar a simple vista ambas variedades, cabe remarcar las diferencias en el hábito de crecimiento. Scarlett se caracteriza por un hábito de crecimiento semirrastrero, lo que hace que cubra en forma anticipada el entresurco, llegando de esta forma más rápidamente al IAF crítico del cultivo y compitiendo de mejor manera frente a la aparición de malezas. C61, en cambio, tiene un porte más erecto, lo que la hace menos competitiva frente a las malezas.

Otro ítem a remarcar es el del comportamiento frente al vuelco de ambas variedades, en un año que presentó varias tormentas con fuertes ráfagas de vientos y mucha humedad. En las primeras tres fechas de siembra, hubo un alto porcentaje de plantas caídas en ambos materiales, aunque se vio un número mayor siempre en Scarlett. En este aspecto claramente la variedad C61 supero a Scarlett, mostrando una mayor fortaleza de caña. En las últimas tres fechas de siembra el vuelco fue casi inexistente, ya que el desarrollo vegetativo y el porte de las plantas fue menor. Al respecto de esto, está en estudio el uso de reguladores de crecimiento (Moddus, Ethrel), con el fin de mejorar el comportamiento del cultivo a esta problemática, disminuir pérdidas y agilizar la operación de cosecha.

Conclusiones

- Ambas variedades resultaron sensibles al fotoperíodo y Scarlett mostró una tendencia a una mayor sensibilidad fotoperiodica que C61.
- Con el avance de las fechas de siembra, se produjo un acortamiento del ciclo ontogénico de ambas variedades, tanto en tiempo térmico, como en días.
- En caso de tener que atrasar la siembra, la tendencia indica que es recomendable hacerlo con la variedad Scarlett, que demostró tener una propensión a posicionar el período de llenado de granos del cultivo en momentos más adecuados para el mismo.
- Los materiales no presentaron requerimientos de vernalización, o los mismos fueron lo suficientemente bajos como para ser cubiertos a campo, ya que al atrasar la siembra, la etapa emergencia-encañazón no se alargó sistemáticamente.
- La etapa En-FI demostró ser aquella en la que otros factores, como el fotoperíodo, tienen una mayor incidencia sobre la duración de la misma, medida en tiempo térmico. Esto concuerda con la tendencia apreciada en las rectas de regresión para este mismo período y para ambas variedades, donde se ve un efecto del fotoperíodo sobre la duración en tiempo térmico.

Anexo I - Meteorología

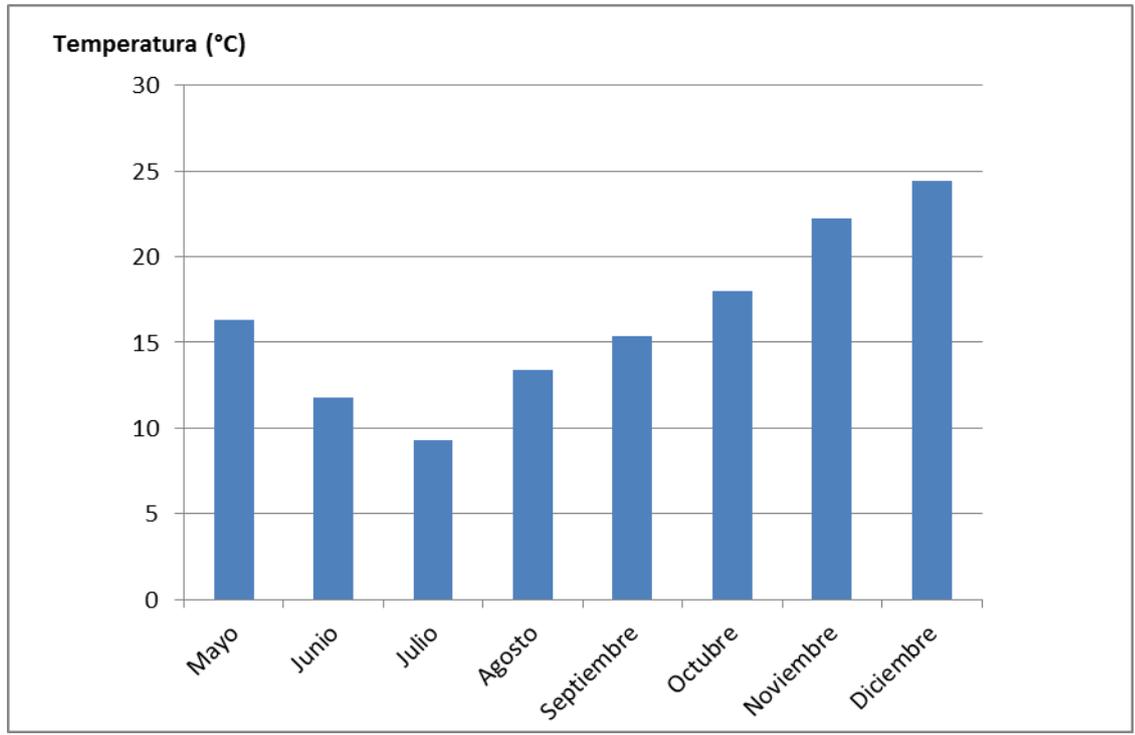


Gráfico n°5. Temperatura media mensual durante la realización del ensayo. (Fuente: SMN)

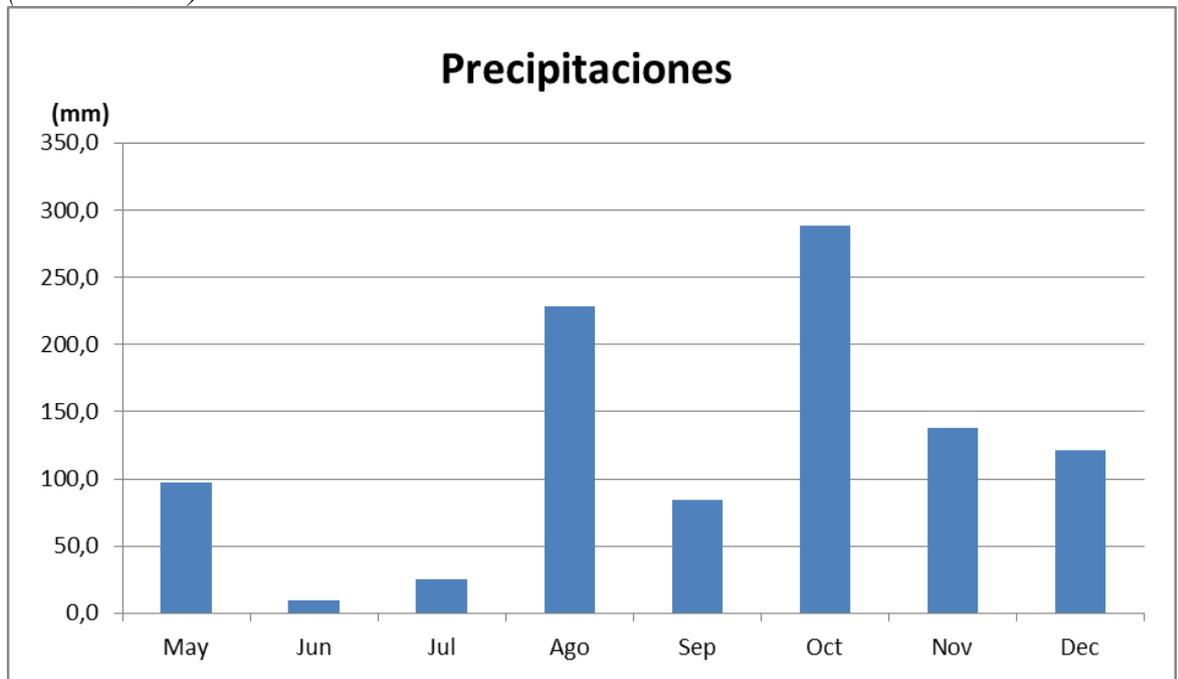


Gráfico n°6. Precipitaciones mensuales en la Ciudad de Buenos Aires durante la realización del ensayo. (Fuente: SMN)

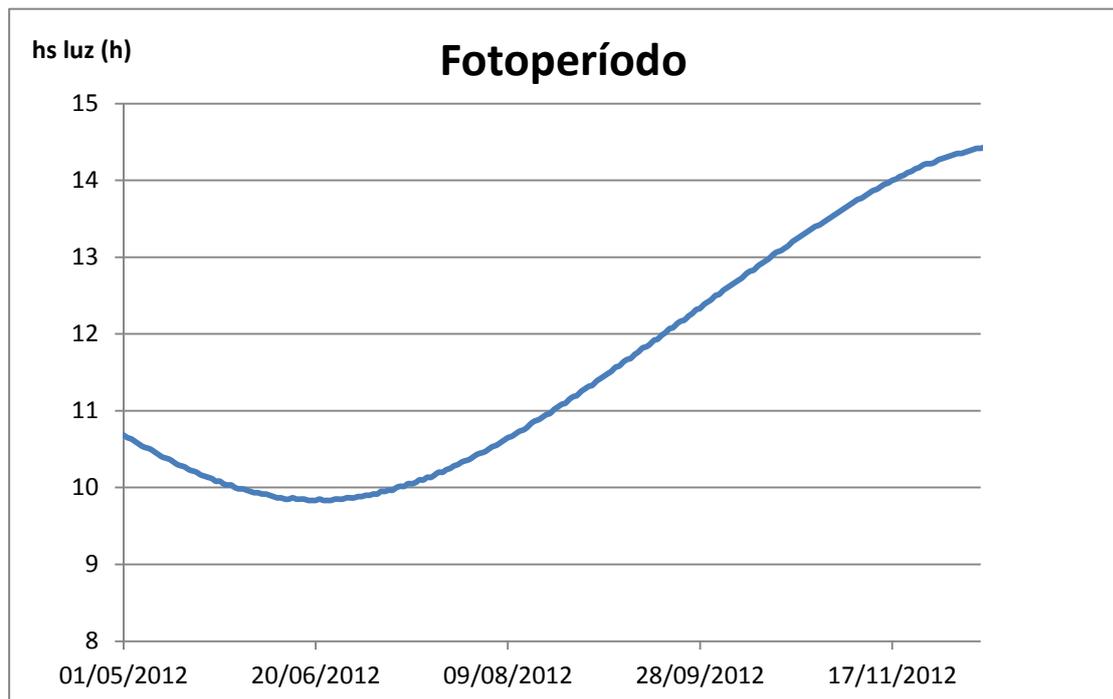


Gráfico n°7. Variación del fotoperíodo durante el ensayo (Fuente: SMN)

Anexo II

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	16562.26	3	5520.75	15.22	0.0011
Hs luz	8612.77	1	8612.77	23.74	0.0012
C61	546.92	1	546.92	1.51	0.2544
C61_1_Hs luz	812.20	1	812.20	2.24	0.1730
Error	2902.65	8	362.83		
Total	19464.92	11			

Tabla n°6. Prueba estadística de comparación de pendientes.

Supuestos del modelo

Normalidad:

Variedad	Etapa fenológica	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
C61	Em-En	RE_TT	6	-0,0191	1,0833	0,9010	0,4432
C61	En-Fl	RE_TT	6	-0,0414	1,1157	0,9423	0,7230
C61	Fl-Gd	RE_TT	6	0,0399	1,0564	0,7376	0,0200
Scarlett	Em-En	RE_TT	6	-0,0470	1,1043	0,8030	0,0761
Scarlett	En-Fl	RE_TT	6	-0,0096	1,0940	0,8831	0,3404
Scarlett	Fl-Gd	RE_TT	6	-0,0248	1,0155	0,9901	0,9884

Tabla n°7. Prueba de Shapiro-Wilks (modificado) para ambas variedades y las 3 etapas

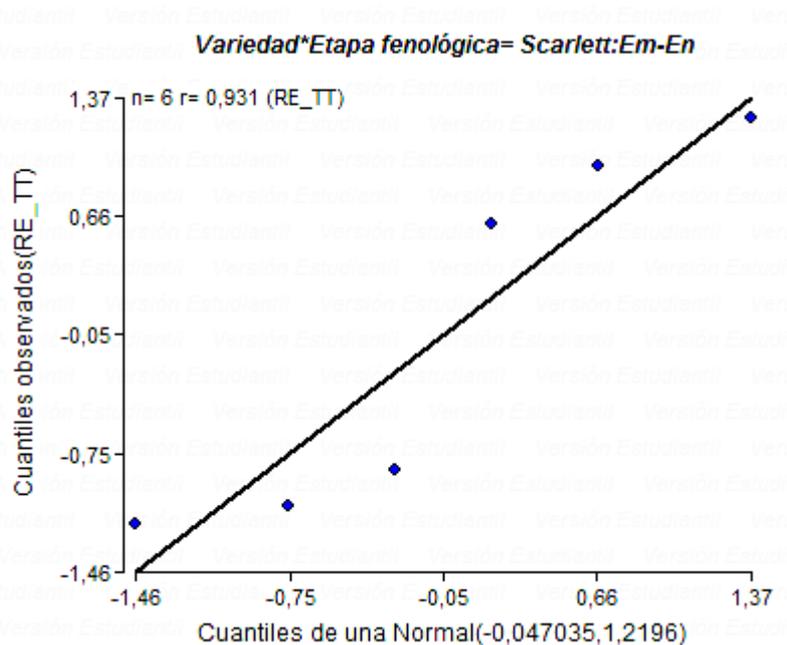


Grafico n°8. QQ-plot variedad Scarlett (Em-En)

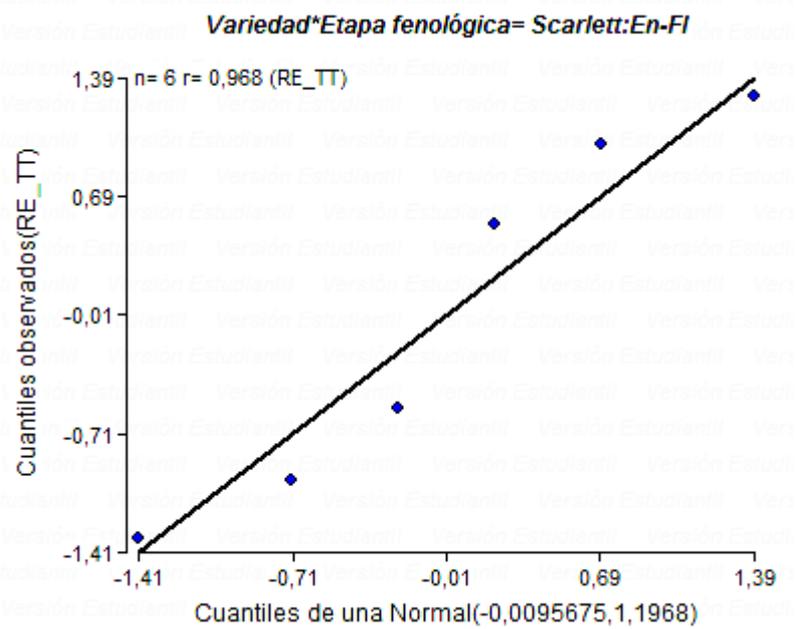


Gráfico n°9. QQ-plot variedad Scarlett (En-Fl)

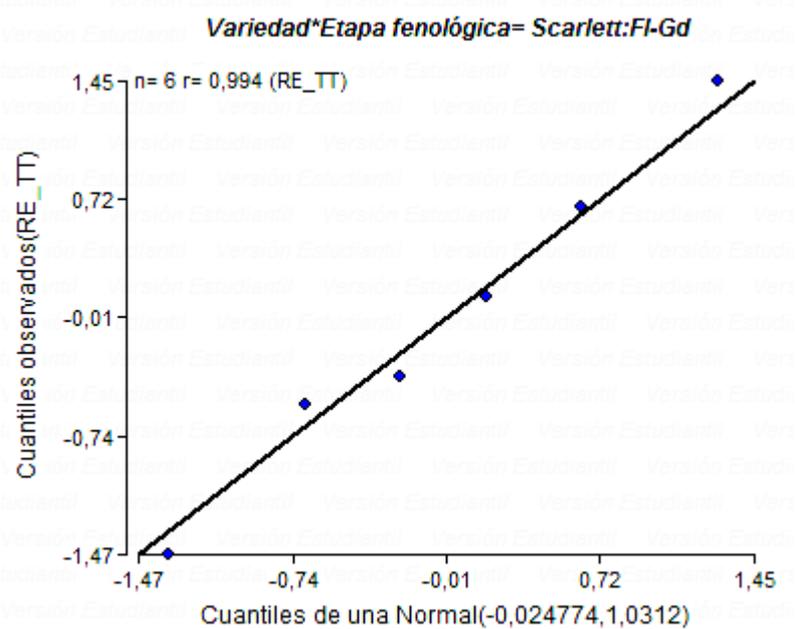


Gráfico n°10. QQ-plot variedad Scarlett (Fl-Gd)

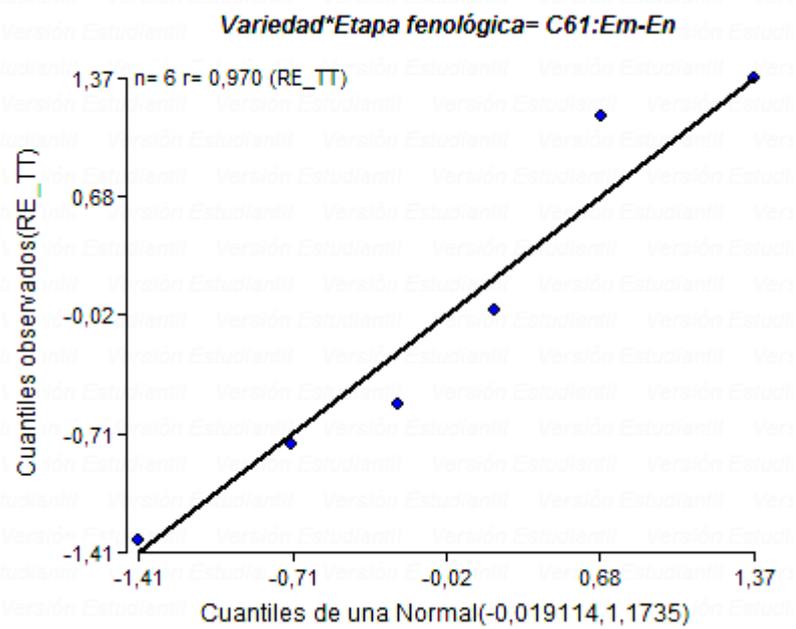


Gráfico nº11. QQ-plot variedad C61 (Em-En)

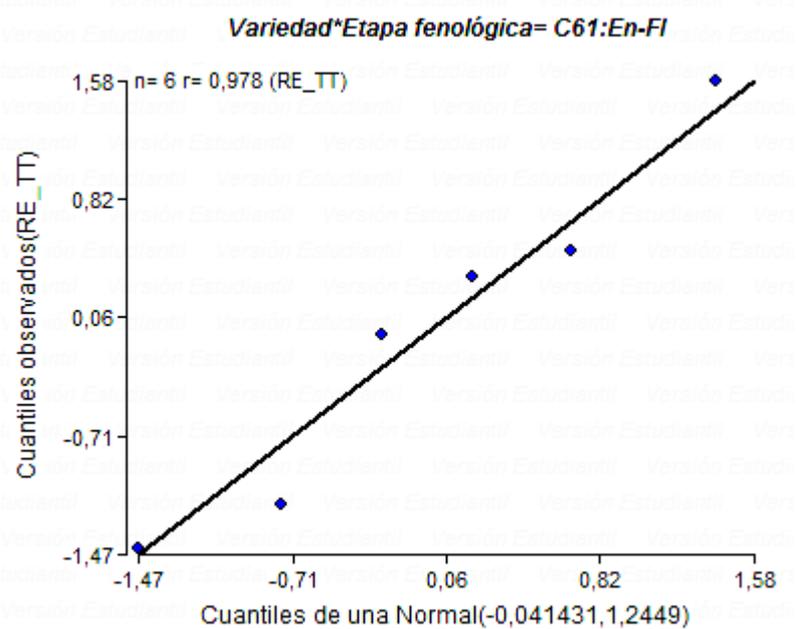


Gráfico nº12. QQ-plot variedad C61 (En-FI)

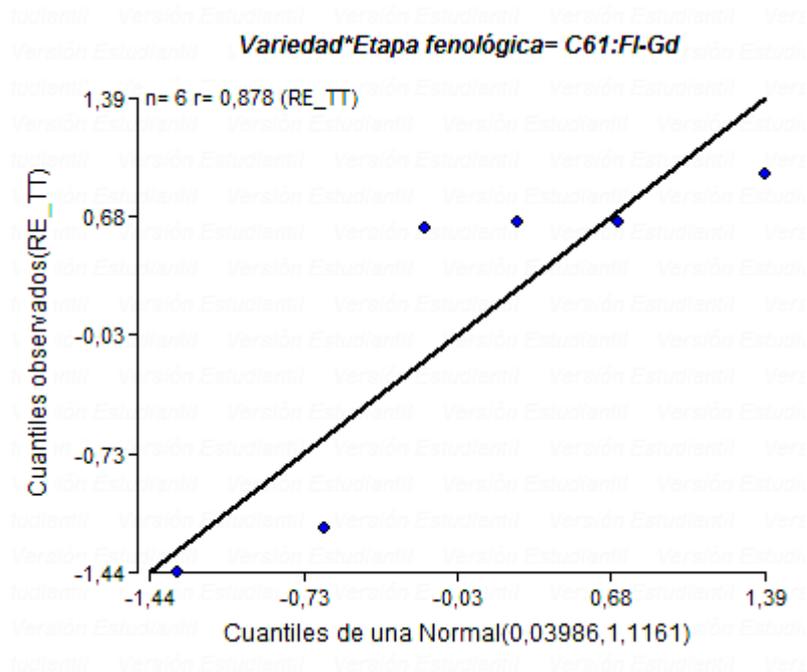


Gráfico nº13. QQ-plot variedad C61 (Fl-Gd)

Variedad	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
C61	RE_TT	6	0,04	1,04	0,98	0,9669
Scarlett	RE_TT	6	0,07	1,08	0,88	0,3335

Tabla n°8. Prueba de Shapiro-Wilks (modificado) para ambas variedades (Em-Fl)

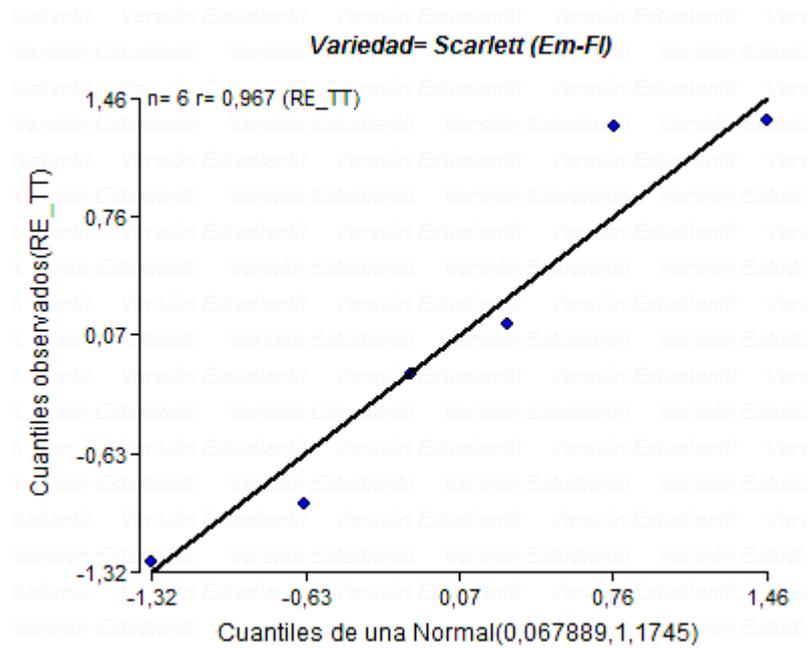


Gráfico n°14. QQ-plot variedad Scarlett (Em-Fl)

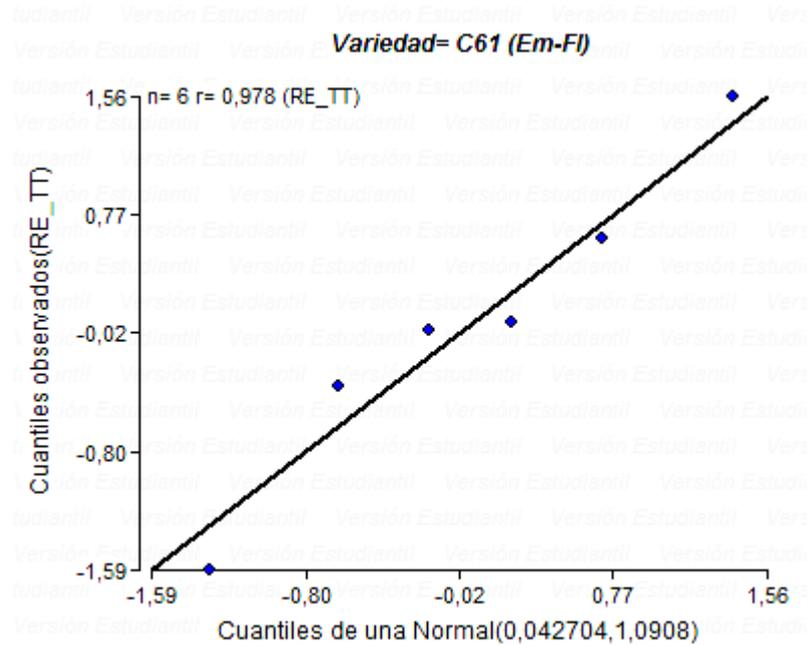


Gráfico n°15. QQ-plot variedad C61 (Em-Fl)

Homoedasticidad:

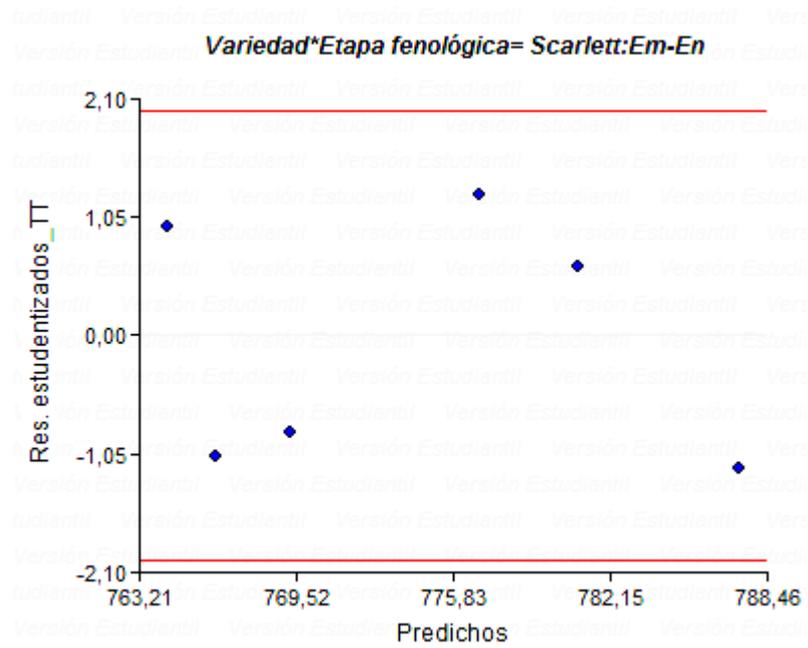


Gráfico n°16. Gráfico de dispersión variedad Scarlett (Em-En)

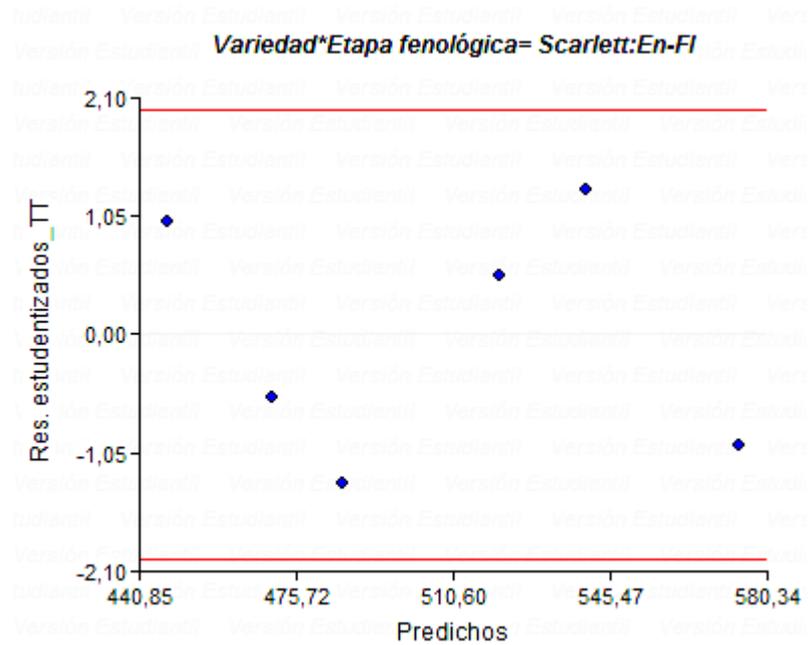


Gráfico n°17. Gráfico de dispersión variedad Scarlett (En-FI)

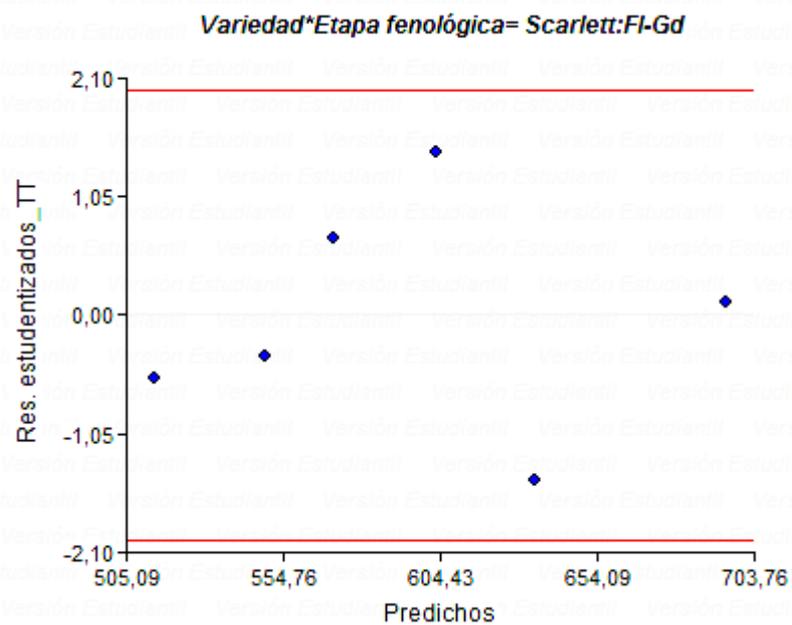


Gráfico n°18. Gráfico de dispersión variedad Scarlett (Fl-Gd)

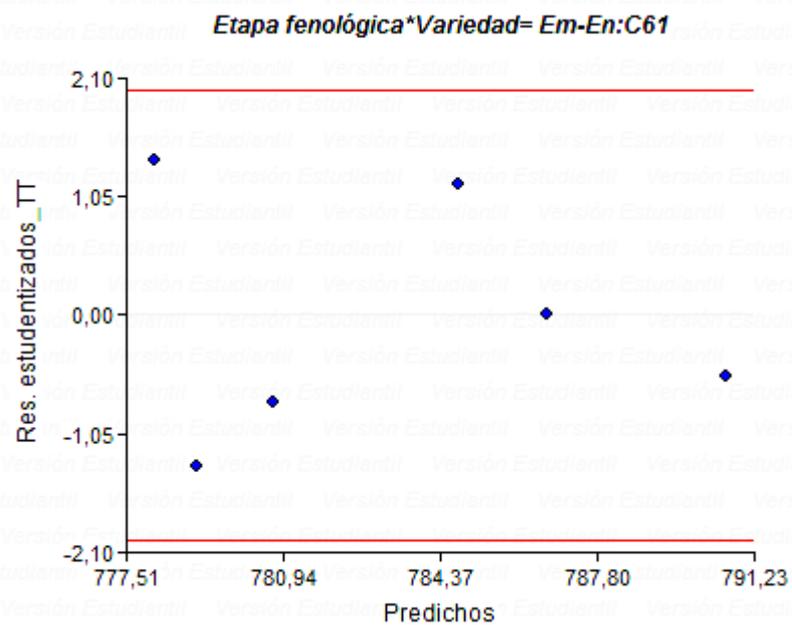


Gráfico n°19. Gráfico de dispersión variedad C61 (Em-En)

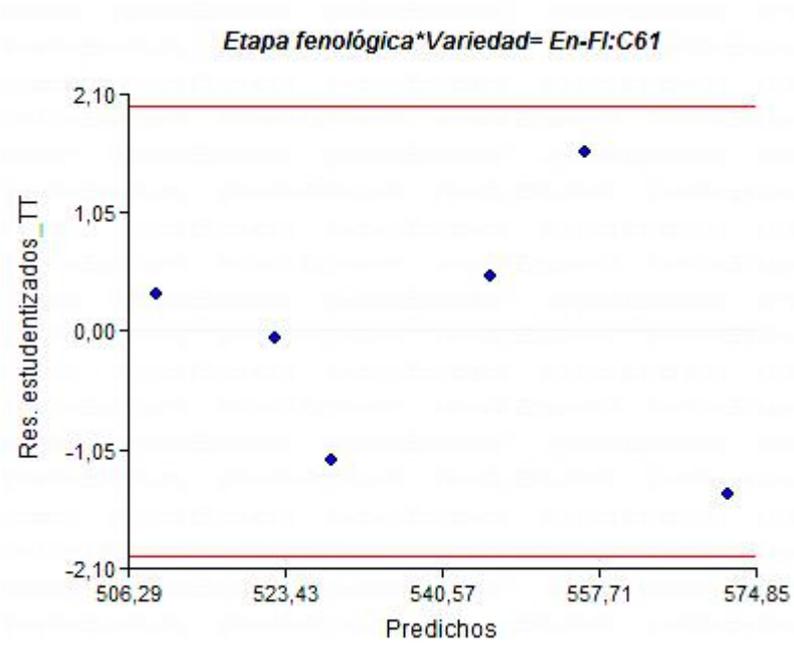


Gráfico n°20. Gráfico de dispersión variedad C61 (En-Fl)

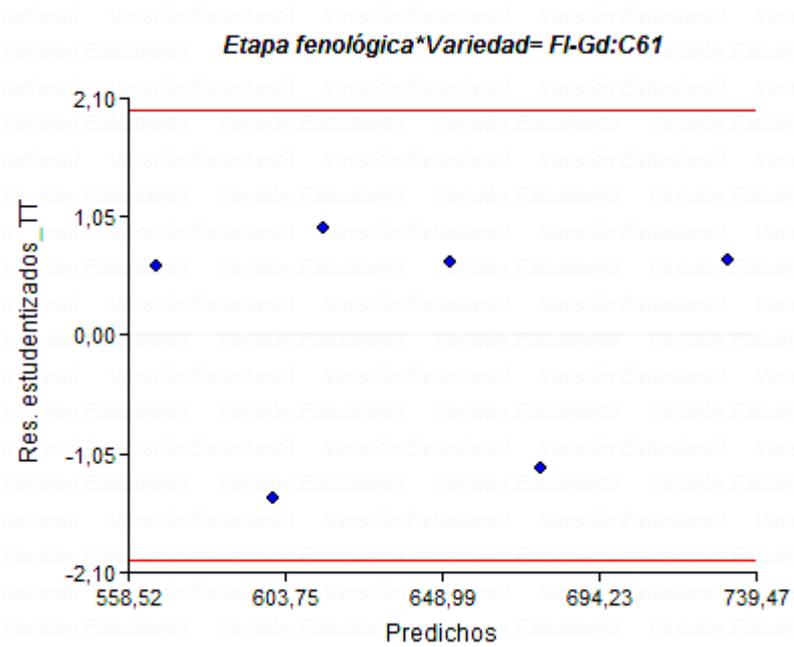


Gráfico n°21. Gráfico de dispersión variedad C61 (Fl-Gd)

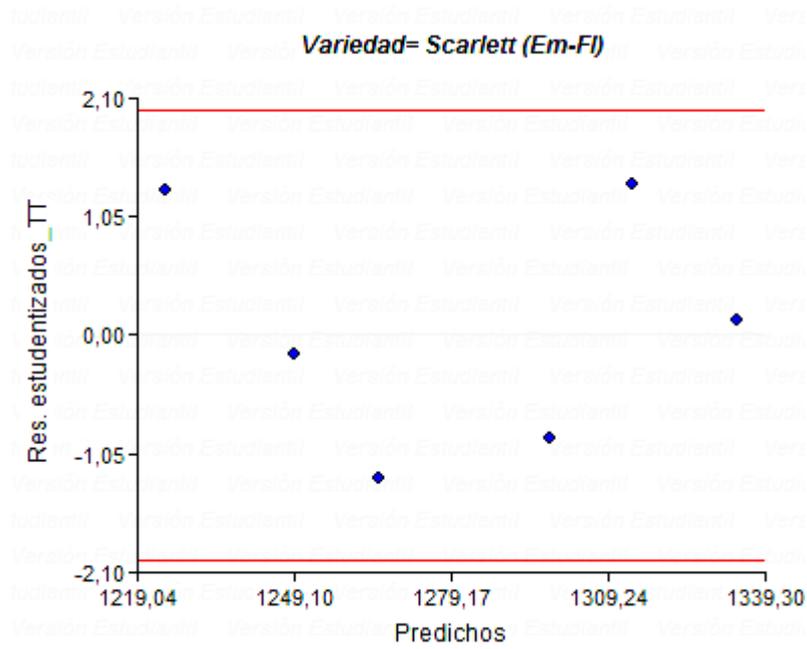


Gráfico n°22. Gráfico de dispersión variedad Scarlett (Em-Fl)

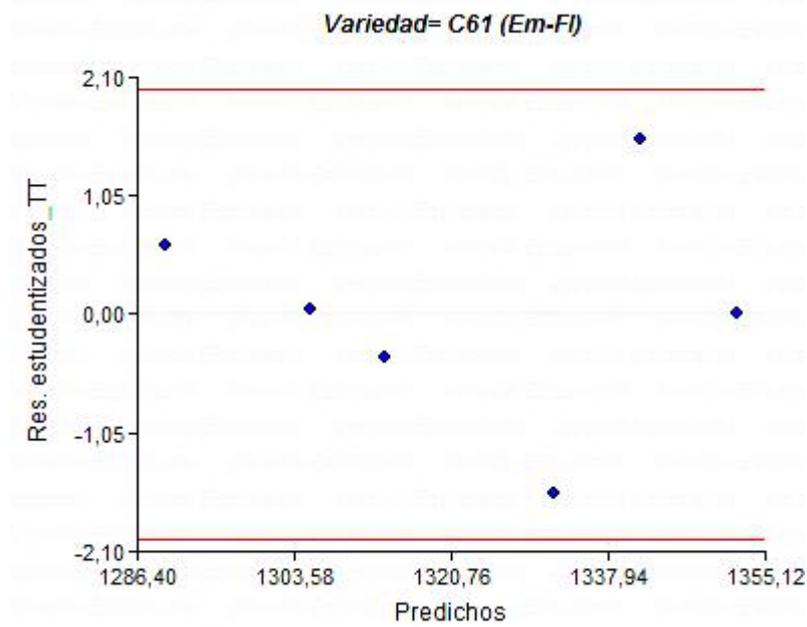


Gráfico n°23. Gráfico de dispersión variedad C61 (Em-Fl)

Bibliografía

- ALZUETA, I. (2008). Caracterización fenológica de cultivares comerciales de cebada cervecera (*Hordeum Vulgare L.*) y análisis de la generación del rendimiento. Trabajo final para acceder al grado de Especialista en Cultivos de Granos de la Escuela para Graduados FAUBA.
- BOLSA DE CEREALES DE BUENOS AIRES. (2013). Panorama agrícola semanal (10/01/2013).
- CALVIÑO, P.A., SADRAS, V.O., ANDRADE, F.H. (2002). Development, growth and yield of late-sown soybean in the southern Pampas. *European Journal of Agronomy* 19: 265-275.
- CALVIÑO, P.A., SADRAS, V.O., ANDRADE, F.H. (2003). Quantification of environmental and management effects on the yield of late-sown soybean. *Field Crops Research* 83: 67-77.
- CAO, W., MOSS, D.N. (1989). Temperature effect on leaf appearance and phyllochron in wheat and barley. *Crop Science* 29: 1018-1021.
- CATTÁNEO, M. (2013) Presentación en Congreso “A todo trigo”.
- COLOMBO, M. (2010). Desarrollo fenológico de cebada cervecera en respuesta a condiciones ambientales contrastantes: actualización y uso de un modelo de simulación sencillo. Trabajo de intensificación para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Catedra de Cerealicultura. FAUBA.
- FAO. (2009). Barley, Malt, Beer. *Agribusiness handbook*.
- FAO. (2010) Food and Agriculture Organization of the United Nations. World Agricultural Information Centre. Agriculture data. <http://www.fao.org/>.
- GEAR, N. (2005). Evaluación de la respuesta al fotoperiodo en cultivares de cebada cervecera.
- GIMENEZ, F., TOMASO, J.C. (2007). Evaluación de cultivares de cebada cervecera en Balcarce. INTA, EEA Bordenave, Mejoramiento genético de cebada cervecera INTA.
- KIRBY, E.J.M. (1982). Effect of sowing date on the temperature response of leaf emergence and leaf size in barley. *Plant, Cell & Environment* Volume 5, Issue 6, p. 477-484, December 1982.
- MAGyP. (2011). Evolución de las exportaciones argentinas
- MIRALLES, D; BENECH-ARNOLD, R; ABELEDO, G. (2011). Cebada cervecera. Ed. FAUBA
- MIRALLES D.J., ALZUETA I., ABELEDO L.G., ARISNABARRETA S., CATELLAZZI A., DE ABALLEYRA D. (2009). CRONOCEBADA® Sistema experto para predecir fenología en Cebada Cervecera. (www.agro.uba.ar/catedras/cerealicultura/servicios). Registrado con propiedad intelectual ante la Dirección Nacional del Derecho de Autor. Número de Expediente 783214, 31 de Agosto de 2009.
- ROSS, F., WEHRHAHNE, L., SEGHEZZO, M.L. (2012) Variedades (cultivares), fechas de siembra y fertilización en suelos someros del sur bonaerense. INTA. CEI Barrow.
- SENASA. (2012). Informe Regional Buenos Aires Sur

- SATORRE, E., SLAFER, G., BENECH-ARNOLD, R., MIRALLES, D.J., OTEGUI, M., SAVIN, R. (2003). Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Ed. FAUBA
- SLAFER, G., RAWSON, H. (1995). Photoperiod x temperature interactions in contrasting wheat genotypes: time to heading and final leaf number. *Field Crops Research* 44:73-83.
- VENTIMIGLIA, L., TORRENS BAUDRIX, L. (2011). Cebada cervecera- Efecto de la fecha de siembra sobre el rendimiento. INTA, EEA Pergamino, Desarrollo Rural, AER 9 de julio
- VENTIMIGLIA, L., TORRENS BAUDRIX, L. (2012). Variedades de cebada cervecera: como afecta la fecha de siembra al rendimiento y a la calidad del grano. INTA, EEA Pergamino, UCT Agrícola Ganadero del Centro, AER 9 de julio
- WHITECHURCH, E.M., SLAFER, G.A. y MIRALLES, D.J., (2007). Variability in the duration of stem elongation in wheat and barley genotypes. *J. Agronomy & Crop Science* 193:138-145.
- YAN, W; HUNT, L.K. (1999). An equation for modelling the temperature response of plants using only the cardinal temperatures. *Annals of Botany* 84, p.607-614
- ZADOKS, CHANG, KONZAK. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, Volume 14, Issue 6, p. 415-421
- www.faostat.fao.org