



*Universidad Nacional
del Nordeste*



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE

Trabajo Final de Graduación

Modalidad Tesina

Tema: *Variación del crecimiento de Soja con el retraso de la Fecha de Siembra para el SO Chaqueño*

Tesista/Alumna: Rodriguez, Tamara Alejandra

Director: Ing. Agr. Gerardo J. R. Quintana

Año: 2014- 2015

INDICE

ANTECEDENTES	3
OBJETIVOS:.....	7
MATERIALES Y METODOS:.....	8
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
Fenología	14
Biomasa	19
Rendimiento	20
Relación entre Biomasa Máxima Alcanzada y Rendimiento	21
Efecto de variables ambientales.....	24
Radiación Global	24
Temperatura	25
Precipitaciones y Evapotranspiración.....	29
Efectos de combinación de estrés hídrico y térmico	32
CONCLUSIONES	34
ANEXO.....	35
BIBLIOGRAFÍA.....	39

ANTECEDENTES:

La soja es nativa del este asiático, del norte y centro de China y fue domesticada en el siglo XI A.C. En América, fue introducida en Georgia (EEUU) en el año 1.765 desde China y luego por el resto del continente. La gran expansión del cultivo en ese país fue en la década del 40, pasando a ser el principal productor mundial. En la Argentina se empezó a cultivar desde la década del 70. En 1.996 se liberaron para su comercialización los primeros cultivares de soja transgénica resistentes al herbicida glifosato (sojas RR). A partir de ese año se evidencia un acelerado crecimiento de la superficie cultivada con soja. (Arenas, F y Antonini, G. 2014).

En la campaña 2013-2014 se han sembrado 20,2 millones de hectáreas y se cosecharon alrededor de 55,6 millones de toneladas de granos, un nuevo record de la soja en el país, que hoy representa el 20 % de lo producido en el mundo. (Bolsa de Comercio de Rosario, 2014).

En la provincia del Chaco la superficie sembrada con el cultivo de soja ha promediado las 670.000 has en las últimas 10 campañas agrícolas, representando el 3,9% de la superficie sembrada con el cultivo en la República Argentina. La región SO de la provincia concentra el 49% de la superficie sembrada y el 51% de la producción de este cultivo (MAGyP, 2014).

Dentro de las prácticas de manejo del cultivo de soja, la elección de la Fecha de Siembra (FS) y el Grupo de Madurez (GM) del cultivar a utilizar en función de la misma tienen una relevancia fundamental. Los cambios en la FS modificarán la oferta de temperatura, fotoperiodo y la cantidad de radiación que recibe el cultivo repercutiendo esto en las condiciones de crecimiento y duración del ciclo de los cultivares, afectándose de esta manera la producción de biomasa vegetativa (BV) y la formación de rendimiento del cultivo (Board y Hall 1984; Calviño et al. 2003).

El ambiente ejerce una fuerte regulación, no sólo a través de la cantidad de radiación incidente, sino también a través de los factores ambientales que regulan el desarrollo del cultivo (fotoperiodo y temperatura) y de aquellos que modifican la aparición, expansión y declinamiento del índice de área foliar del cultivo (temperatura, nivel de recursos, cantidad y disposición espacial de las plantas). (Loomis y Connor 1996).

La elección de la FS influirá entonces sobre el largo del ciclo del cultivar y tendrá consecuencias sobre su comportamiento productivo. Cuando se siembran cultivares de ciclo más corto que lo recomendado, los mismos pueden ver reducido su crecimiento y rendimiento. Si se siembran

cultivares de ciclo más largo de lo recomendado, se retrasa demasiado el inicio de la fructificación, reduciéndose la posibilidad de expresión de su potencialidad productiva, se incrementan los costos de control de enfermedades, plagas y malezas y aumenta el riesgo de ocurrencia de heladas que afecten el llenado de granos. El retraso de la FS trae como consecuencia una limitante en la disponibilidad de luz y temperaturas que incidirán negativamente sobre el crecimiento. (Baigorri, 2004).

Las condiciones ambientales con que cuenta la provincia del Chaco permiten disponer de una de las más amplias ventanas de FS para el cultivo en el país, pudiendo iniciarse la misma hacia fines del mes de agosto en la Región Este de la provincia y extenderse hasta mediados de febrero en las otras regiones, utilizándose con éxito cultivares pertenecientes a los GM IV al IX (Baigorri, 1997). La principal causa de esta extensa ventana de siembra en la provincia del Chaco es la existencia de un prolongado periodo libre de heladas agrometeorológicas. (Herrera, 2009).

Dentro de esta ventana de FS, Baigorri (2004) identificó la comprendida entre fines de noviembre y diciembre, conocida bajo el nombre de “Siembra de Época”, como la de mayor estabilidad en los rendimientos, utilizándose tradicionalmente para la misma cultivares pertenecientes a los GM VII y VIII. Sin embargo, actualmente, la mayor superficie sembrada con el cultivo se concentra en el mes de diciembre y principios de enero y se han incorporado a los planteos productivos cultivares de reciente aparición en el mercado pertenecientes a los GM V y VI.

Debido a la distribución irregular de las precipitaciones estivales, a la elevada demanda atmosférica y las altas temperaturas que ocurren en el SO del Chaco durante el ciclo del cultivo, es frecuente que el mismo se encuentre en situaciones de estrés térmico y/o hídrico en una o varias partes de su ciclo. Cuando estos episodios de estrés ocurren durante etapas críticas de formación del rendimiento pueden causar disminución del mismo.

Existe controversia en la bibliografía respecto a la temperatura que definiría una situación de estrés para la soja. Algunos autores postulan que con 32°C se produciría una disminución de la tasa fotosintética y que esto podría afectar el rendimiento (Vu et al. 1997), mientras que otros sostienen que el crecimiento del cultivo puede continuar aun con temperaturas medias diarias de 39°C (Pan, 1996). Por otro lado, se comprobó reducciones de rendimiento cercanas a 16% cuando el cultivo fue sometido durante el periodo reproductivo temprano (R1 a R5) a

temperaturas diurnas de 35°C y nocturnas en el rango de 20 a 30°C (Gibson y Mullen, 1996). Debido a las altas temperaturas, los efectos más impactantes del estrés térmico, descriptos por varios autores son: mermas en el número de vainas por mayor aborto de las estructuras reproductivas en formación. (Molino, J. 2011); disminución del peso de los granos durante la fase reproductiva (Gibson y Mullen 1996; Ferris et al. 1999); reducciones en la tasa de crecimiento de granos fueron reportadas cuando el cultivo fue sometido a temperaturas superiores a los 30°C (Egli y Wardlaw 1980; Gibson y Mullen 1996).

La disponibilidad hídrica es crucial para la definición de rendimiento del cultivo. La evapotranspiración del cultivo determinara el consumo de agua del mismo. La demanda atmosférica es un factor de gran importancia ya que determina la cantidad de agua que requiere un cultivo de soja para su máxima producción; la misma dependerá de la radiación incidente, de la temperatura, de la humedad relativa del aire y del viento. Al aumentar la demanda atmosférica, la planta de soja evapotranspira una mayor cantidad de agua, hasta un cierto límite fijado por el potencial agua de sus hojas. (Andreani, 2002; Dardanelli, et al. 2012)

Situaciones de restricción de disponibilidad de agua y/o alta demanda atmosférica pueden poner al cultivo en situación de estrés. Cuando el mismo se produce en el periodo reproductivo temprano (R1a R5) puede tener un alto impacto sobre el rendimiento del cultivo, ya que la restricción del crecimiento en este periodo puede provocar aborto de flores y vainas, que disminuyen el número final de granos m^{-2} . Pudiendo esta disminución de rendimiento ser compensada en parte por el aumento del peso de las semillas, si cesa la deficiencia hídrica en la etapa siguiente. Durante este periodo puede verse afectada también la longitud del ciclo del cultivo, cuando el estrés ocurre cercano a floración puede alargarse el ciclo total del cultivo. Cuando el estrés hídrico se produce en el periodo reproductivo tardío (R5-R7) el efecto sobre el rendimiento puede ser mayor ya que el estrés produce la reducción simultánea del número de vainas, del número de semillas por vaina y del peso de las semillas, cuando el mismo se sitúa cercano a R5. Sin embargo afectara solamente el peso de los granos si se sitúa a fines de estado R6. Deficiencias hídricas severas en este periodo pueden producir pérdidas de rendimiento de 40% o más. El efecto sobre el ciclo del cultivo provocado por el estrés en este periodo es una reducción del mismo, pudiendo llegar a acortarse hasta 20 días (Andreani, 2002; Baigorri, 2004).

En cuanto a ambos estreses (térmico e hídrico) se produce un efecto aditivo teniendo como consecuencia reducciones del ciclo en etapas reproductivas tardías (Baigorri, 2004).

Las situaciones de sequias estacionarias en diferentes meses de la estación estival que se vienen produciendo en el SO del Chaco y el lanzamiento al mercado de cultivares de ciclo más cortos (GM V y VI) con buen comportamiento ha provocado la rápida adopción de los mismos por parte de los productores, explorando algunos de ellos nuevamente la ventana de FS desde fines de noviembre a enero. Es por esto que toma importancia conocer el comportamiento de los actuales cultivares de diversos GM en las FS más utilizadas en la región, y como los factores ambientales pueden influir en su crecimiento y rendimiento.

OBJETIVOS:

- Comprender la influencia de la FS sobre el comportamiento productivo de cultivares de diferentes ciclos.
- Evaluar el efecto del retraso en la FS sobre el crecimiento de los cultivares evaluados.
- Determinar la relación entre crecimiento y rendimiento de los cultivares en las distintas FS.
- Identificar cuáles son las variables ambientales que inciden sobre el crecimiento y puedan limitar el rendimiento para el rango de FS explorado.

MATERIALES Y METODOS:

Sitio de Experimentación:

El experimento se realizó durante la campaña 2014-2015 en la EEA INTA Las Breñas, zona rural de dicha localidad, departamento 9 de Julio, provincia del Chaco, Argentina. Dicho experimento fue emplazado a los Lat. S 27°05'20" Long. W 61°06'20" y 101,6 msnm, en un lote estabilizado en sistema de siembra directa con soja como cultivo antecesor. El suelo del lote fue identificado como serie Las Breñas, Gran Grupo Durustol, Subgrupo Entico, familia limosa fina, mixta, hipertérmica, capacidad de uso III es.



Figura1: Mapa de la localidad de Las Breñas y alrededores donde se indica ubicación del ensayo y la EEA Las Breñas.

Datos climáticos

El tipo de clima que encontramos en el sudoeste chaqueño está clasificado como sub-tropical o templado cálido con estación invernal seca.

Los vientos prevalecen del sector NE, S y E con velocidades promedios de 7,3 km/h a 2 metros de altura y de 4,7 km/h a 50 cm, con intensidades mayores en los meses de primavera y menores en los de otoño. Las ráfagas suelen llegar a los 60 km/h y en tormentas a velocidades aún mayores.

Las temperaturas máximas promedian los 28,1°C anuales y las mínimas unos 14,9°C, dando una temperatura media anual de 21,1°C. En verano las temperaturas son muy elevadas, llegando la

máxima absoluta a 44,8°C el 10 de diciembre de 1970, y en invierno son muy bajas, con una mínima absoluta de -7,5°C registrado el 20 de julio de 1957. El período libre de heladas agrometeorológicas es de 256 días con fechas medias para la 1º helada el 31 de mayo y para la última helada el 3 de septiembre, y fechas extremas en la primera helada el 15 de abril y el 6 de octubre para la última helada agrometeorológica.

El promedio anual de precipitaciones en la EEA Las Breñas es de 946,0 mm con un notable descenso en los promedios mensuales desde mayo a septiembre, en estos 5 meses se registran solo el 14% del total anual. La variabilidad de precipitaciones entre años es muy notable y esto hace que los valores oscilen entre 513,5 mm (año 2008) y 1550,1 mm (año 1986). (Herrera, G. 2009).

Diseño Experimental:

Se utilizó un diseño experimental en Bloques Completos al Azar con arreglo factorial y 3 repeticiones.

El experimento constó de 2 factores:

- Fechas de Siembra: Se evaluaron tres fechas de siembra coincidentes con las que se denominarían temprana, óptima y tardía, las que se implantaron el 14/11/2014, 23/12/2014 y 23/1/2015.
- Cultivares: Se evaluaron 9 cultivares pertenecientes a los GM IV, V, VI, VII y VIII. las características de los cultivares se describen en el cuadro 1.

Las parcelas experimentales tuvieron una superficie de 16,64 m² con 4 surcos distanciados a 52,5 cm por 8 m de longitud.

Los ensayos fueron sembrados a una densidad cercana a las 400.000 plantas ha-1. Se suprimió el efecto de malezas, plagas y enfermedades mediante la utilización de productos fitosanitarios.

Cuadro1: Variedades evaluadas caracterizadas según GM al que pertenecen y su hábito de crecimiento.

VARIEDADES	Ciclo	HC	Rm	Pp	CF	CP
SP 4x4	IV corto	i	Rf	182	Púrpura	Cc
DM 4210	IV corto	i	Rf	172	Violeta	Cc
NA 5009	V corto	i	MR	200	Blanca	Ca
NA 5509	V corto	i	Rf	178	Blanca	Ca
NA 6126	VI corto	d	Rf	150	Blanca	Gris
DM 6.2i	VI	i	Rf	173	Violeta	Gris
DM 7.8 i	VII largo	i	MR	175	Blanca	Gris
NA 8009	VIII	i	Rf	170	Blanca	Gris
NS 8282	VIII	d	Rf	165	Blanca	Gris

HC: Hábito de crecimiento (I: indeterminada, D: determinada). Rm: Ramificación (Rf: Ramificada, MR: muy ramificada). Pp: Peso promedio de 1000 semillas (g). CF: Color de la flor. Cp: Color de pubescencia (Cc: castaña clara, Ca: castaña).

Variables:

❖ Meteorológicas:

Los valores de temperatura máxima; mínima; y media, evapotranspiración y radiación fueron registrados por la Estación meteorológica de la EEA Las Breñas que se ubicó a una distancia no mayor a los 2 km del sitio experimental, la cual cuenta con instrumentos convencionales y una estación automática marca Davis, modelo Vantage Pro 2, que registra las variables antes mencionadas a intervalos de 15 minutos.

❖ Fenología:

Utilizando la escala fenológica propuesta por Fehr y Caviness (1977), semanalmente se determinó el estado fenológico de cada unidad experimental, estableciéndose el estado fenológico alcanzado por cada parcela cuando el 50% de las plantas de una determinada parcela presentaron las características morfológicas descriptas en la escala. También se contaron los nudos en el tallo principal y se determinó la altura alcanzada por el mismo.

❖ Biomasa:

Tomando una muestra comprendida por plantas cortadas a nivel del suelo en 0,52 m², se determinó el peso de la biomasa aérea mediante secado en estufa de circulación de aire forzada

hasta peso constante. Las muestras fueron tomadas a partir de V6 a intervalos regulares hasta alcanzar el estado R7.

❖ *Rendimiento:*

El rendimiento en grano fue medido cosechando una parcela de 5,2 m² tomando los dos surcos centrales de cada parcela. El rendimiento fue corregido a valores de humedad de 13,5 % luego de determinarse la misma mediante humedímetro marca Tesma modelo A-79.

❖ *Análisis Estadístico:*

El rendimiento en grano y la biomasa producida, fueron analizados mediante Análisis de la Varianza y las medias separadas por prueba de medias LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Se realizaron análisis de regresión entre rendimiento en grano y la Biomasa

Para los análisis estadísticos se utilizó la ayuda del software estadístico Infostat/P.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Durante la campaña 2014-2015 las precipitaciones difirieron respecto del promedio de distintas campañas entre los años 1938 al 2008, siendo un total acumulado de 664,5 mm para esta campaña, versus 795,6 mm para el promedio. Claramente se puede observar en la figura 2, que el mes de enero presentó precipitaciones por debajo de lo normal con un total de 77,8 mm acumulados. También se destaca que este mes presento el pico de mayores temperaturas en el rango de 39°C a 42°C, en el mes de febrero las temperaturas se comportaron de manera similar con una pequeña disminución (figura3). En comparación con el promedio de temperaturas histórico, los meses enero hasta junio presentaron valores por debajo a las temperaturas promedio de la campaña (figura 4). Los meses de marzo y abril, presentaron fuertes reducciones de precipitaciones de la campaña en relación al promedio histórico. Como sumatoria de ambas variables (temperaturas y precipitaciones), los cultivares se vieron sometidos a distintos episodios de estrés tanto térmico como hídrico. Como consecuencia de estas altas temperaturas y el balance hídrico negativo, principalmente del mes de enero, el ensayo de la FS 1 se vio muy afectado, ya que algunos cultivares estaban en ese momento atravesando su periodo crítico de fijación de vainas y otros el periodo de llenado de granos. Debido al gran impacto de estos episodios de estrés sobre las variedades del ensayo de la FS1 se decidió no considerar los datos de biomasa y rendimiento.

Resulta muy importante analizar los valores de precipitaciones durante la campaña porque varios cultivares de FS2 y la FS3 estuvieron pasando por los periodos críticos para fijación de vainas (comprendido entre R4 y R5.5) y periodo de llenado de granos (comprendido entre R5.5 a R7) y se vieron sometidos a estrés que afecto el normal patrón de formación de rendimiento, a pesar de esto la magnitud de estos estreses fue diferente a la FS1.

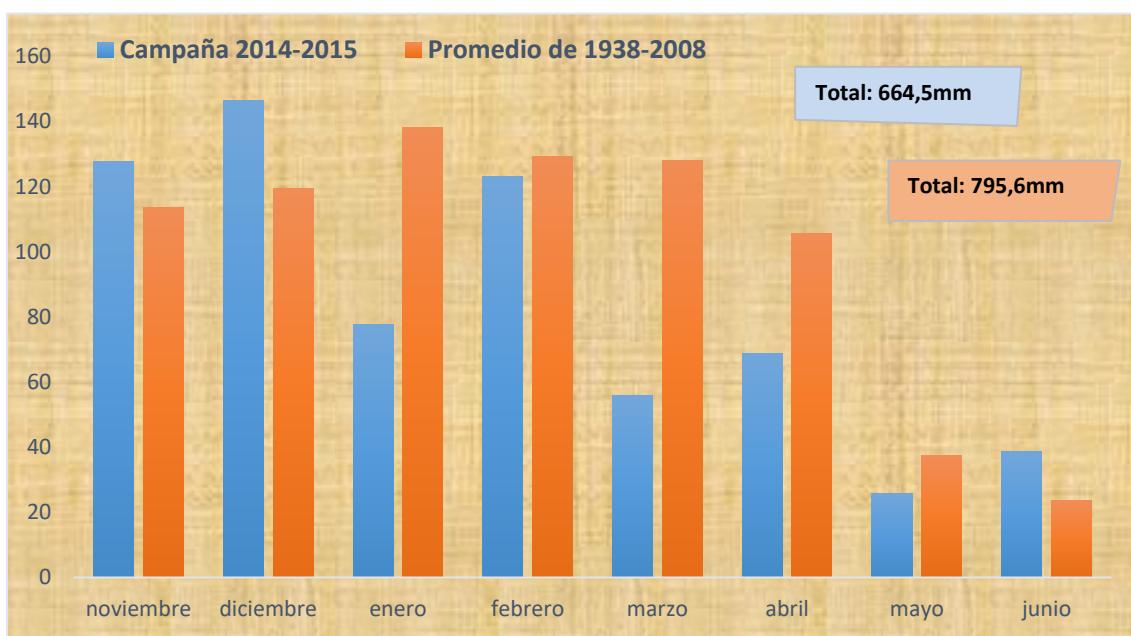


Figura 2: Precipitaciones presentadas en todo el ciclo del cultivo, para las tres fechas de siembra.

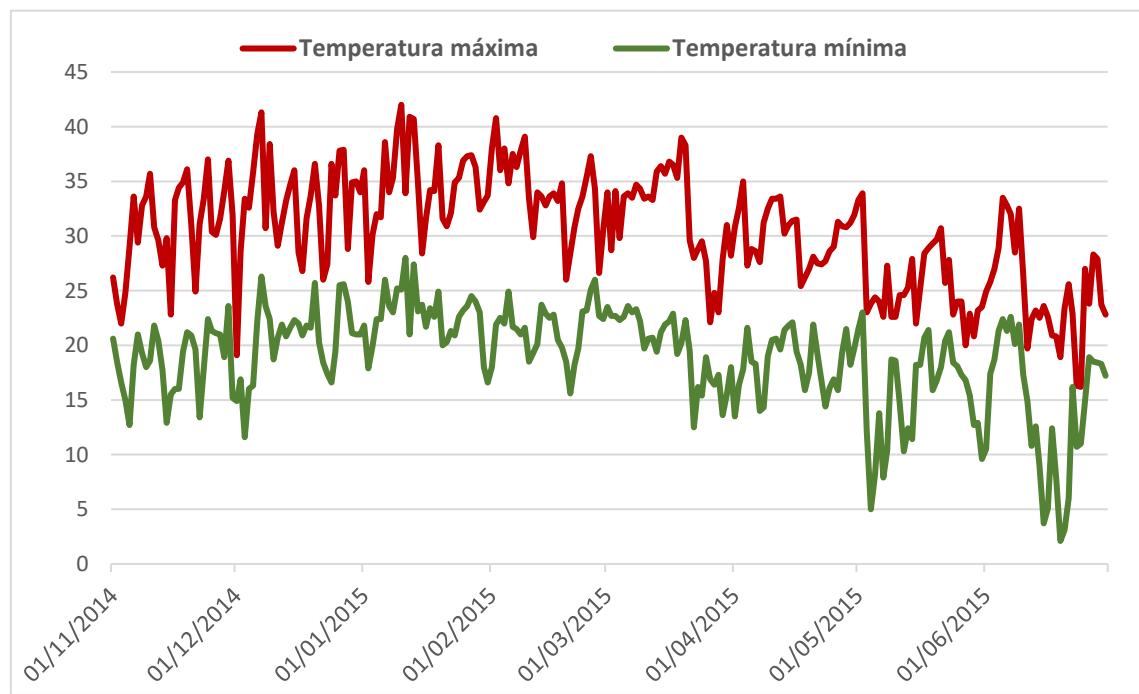


Figura 3. Valores de Temperaturas desde el mes de noviembre hasta el mes de mayo. Período que comprende al ciclo de las tres fechas de siembra, desde la siembra hasta la cosecha. Líneas azules: temperaturas máximas, Líneas rojas: temperaturas mínimas.

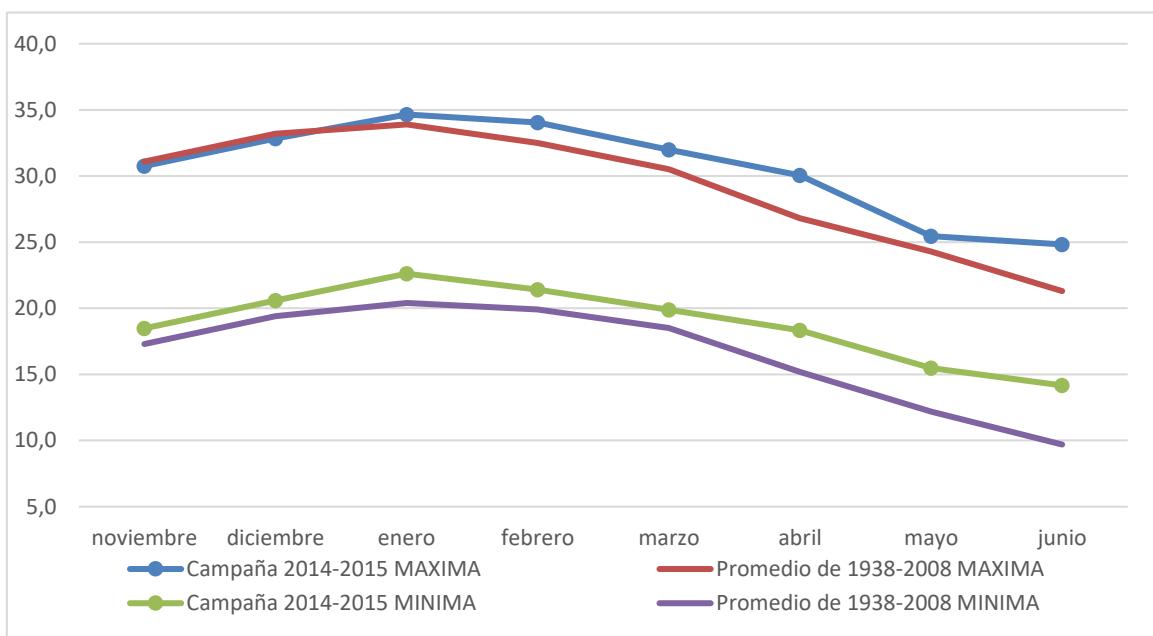


Figura 4: Comparación entre temperaturas máximas y mínimas del promedio entre los años comprendidos entre 1938-2008 y la campaña 2014-2015.

Fenología

Al comparar las FS evaluadas se pudo observar que todos los cultivares redujeron su ciclo con el atraso de la fecha de siembra. No obstante, dentro de cada GM los cultivares no redujeron su ciclo del mismo modo, lo que coincide con lo encontrado en trabajos anteriores para el norte del país y otras regiones (Baigorri, 2004 y Baigorri et al., 2008 y Murgio et al, 2012).

En cuanto al fotoperiodo, la soja es una especie de días cortos con respuesta cuantitativa. Cada cultivar tiene un fotoperíodo crítico, este varía con la latitud y con la época del año, a medida que nos alejamos del Ecuador los fotoperíodos se alargan en verano y se acortan en invierno. Los cultivares cortos como DM4210, SP4X4 y NA5009 se presentaron ante una latitud más alta que la adaptada, es decir se vieron influenciados por un fotoperíodo más largo, por lo tanto se anticipó la inducción floral, la antesis, la maduración, dando como resultado una menor reducción del ciclo en comparación a los demás cultivares. En relación con los GM más cortos, los GM más largos están adaptados a zonas con latitudes altas. Se pudo evidenciar que también presentaron reducciones en el ciclo a medida que se fue retrasando la fecha de siembra, la diferencia es que presentaron mayor duración del ciclo, tanto en el periodo vegetativo como en el periodo reproductivo.

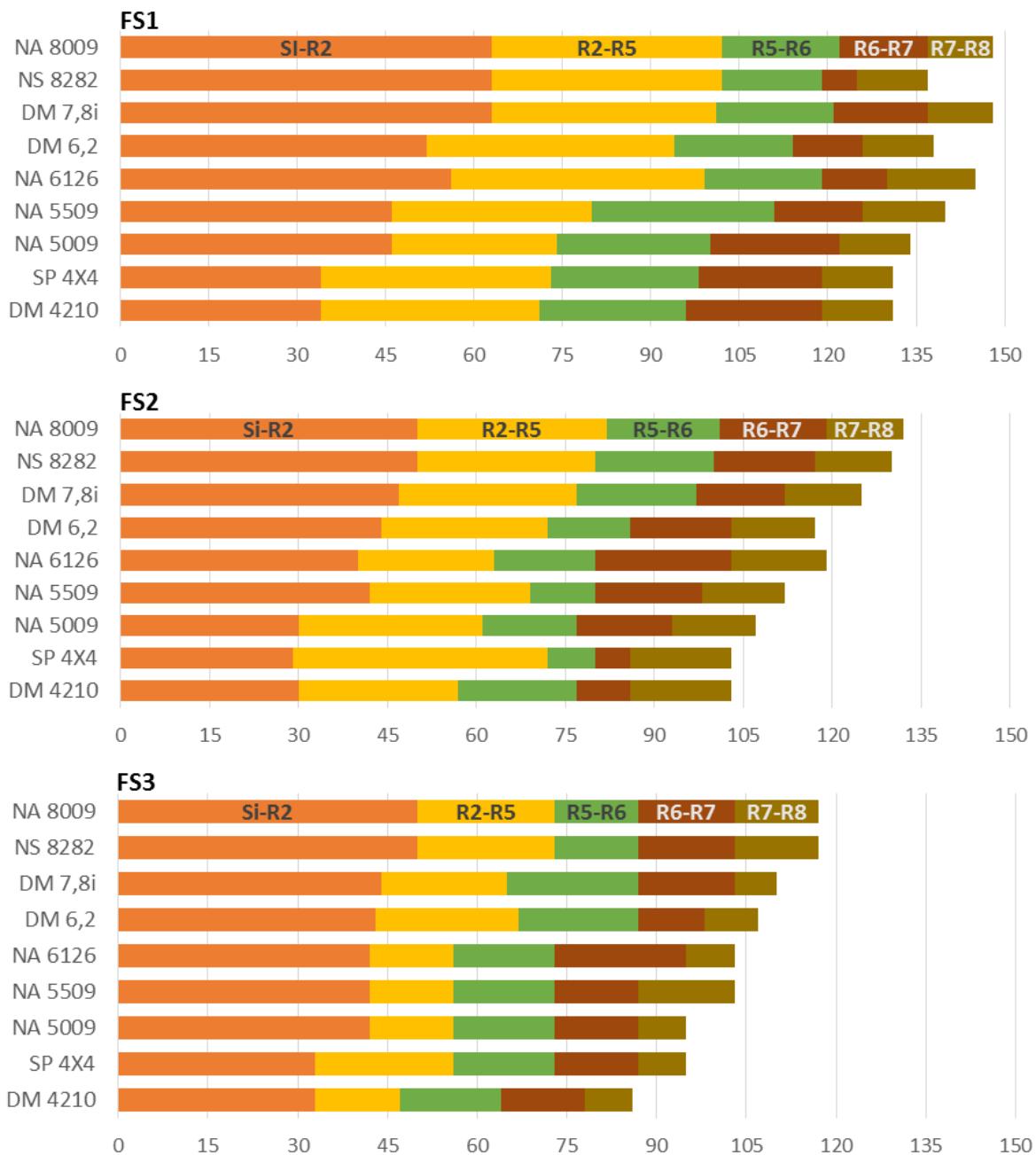


Figura 5: Ciclo de cada cultivar con duración de sus fases fenológicas más representativas. FS1: 14-11-14, FS2: 23-12-14, FS3: 23-01-15. La barra rosada representa los días comprendidos entre la siembra (Si) y R2, barra amarilla al lapso de R2 a R5, barra verde al lapso de R5 a R6, barra bordo al lapso de R6 a R7 y por último a la barra marrón que comprende a R7 hasta R8.

Al comparar el periodo vegetativo (PV) con respecto al periodo reproductivo (PR) se pudo evidenciar una mayor duración de la etapa reproductiva en todos los cultivares independientemente de la fecha de siembra. El retraso en la fecha de siembra, provocó una reducción en la duración de la etapa reproductiva en los cultivares más cortos (DM4210, SP4X4, NA5009 y NA5509), siendo esta reducción de mayor magnitud entre la 1° y 2° FS.

En comparación a las tres fechas de siembra, el periodo vegetativo fue de menor duración en los grupos de madurez más cortos comparándolos con los más largos (DM 7.8i, NS 8282 y NA8009), esto es debido a que los cultivares fueron expuestos a fotoperiodos más cortos que los adaptados a la región (figura 6). Cabe destacar que para DM4210, SP4X4 y NA5509 la duración del periodo vegetativo se mantuvo más o menos constante en ambas fechas de siembra, para NA5009 hubo una gran reducción del PV en la FS2 en relación a FS1 y FS3. Para los GM largos el PV fue de mayor duración para la FS1, sin embargo, para FS2 y FS3 no presentaron diferencia en su duración.

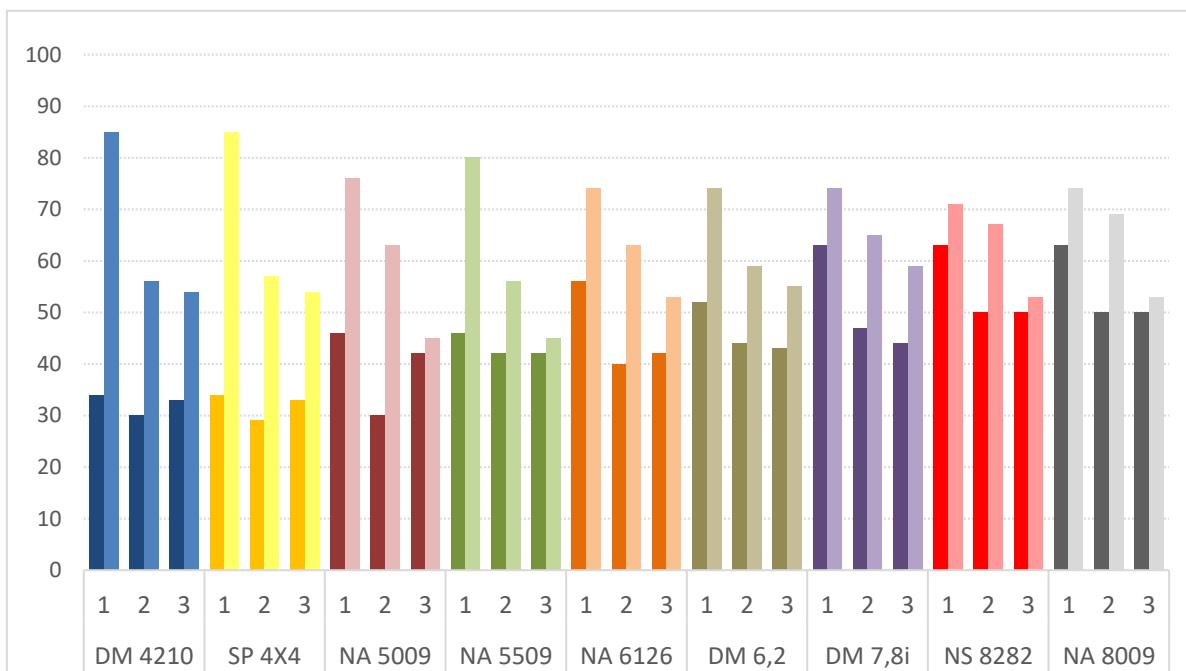


Figura 6: Comparación de duración del Periodo Vegetativo (PV) vs. Periodo Reproductivo (PR) por cultivar para las FS evaluadas. Los números corresponden a las tres FS: 1(14/11), 2(23/12), 3(23/1). Para cada FS está representado la etapa vegetativa (columna oscura), y etapa reproductiva (columna clara).

Número de nudos en el tallo principal y altura

Con el retraso de FS se presentó una reducción en la altura de las plantas. En todos los cultivares la altura máxima alcanzada se observó en la primera fecha de siembra, con excepción de DM 7.8i que mantuvo la misma altura para la FS1 y FS2. Los cultivares de ciclo más largo como DM 6.2, DM 7.8i, NA 8009 presentaron mayor altura que el resto en las tres FS, la excepción fue la variedad NS8282 ya que presenta hábito de crecimiento determinado.

En relación al número de nudos totales del tallo principal, presentaron un comportamiento similar a la altura de las plantas. Se pudo observar una disminución del número de nudos a medida que se retrasó la FS, para todos los cultivares la FS1 presenta mayor número de nudos que la FS2, y esta a su vez mayor que la FS3.

Los cultivares que presentaron mayor número de nudos fueron NA8009, DM 7.8i, esto puede ser debido a la mayor duración de su ciclo. Ambas variedades tienen una marcada reducción de nudos en la FS3, mientras que la FS1 y FS2, no es tan evidente esa reducción. Las variedades que presentaron menor número de nudos fueron DM4210 un cultivar de ciclo muy corto y NA6126 y NS8282, cuyo menor número de nudos puede deberse a que son de hábito de crecimiento determinado.

En la FS3 en comparación con las demás FS se pudo destacar que el aumento de la tasa de desarrollo provocó una reducción en la altura y un menor número de nudos por planta. Esto sucede porque al atrasar la fecha de siembra, las mayores temperaturas que imperan durante las fases iniciales del cultivo y los fotoperiodos más cortos, provocan un acortamiento de la etapa vegetativa con lo cual disminuye el período para interceptar una alta proporción de la radiación solar incidente. Esto se hace más evidente en los GM más cortos, ya que los mismos se inducen más rápido al periodo reproductivo en comparación a los de GM largos.

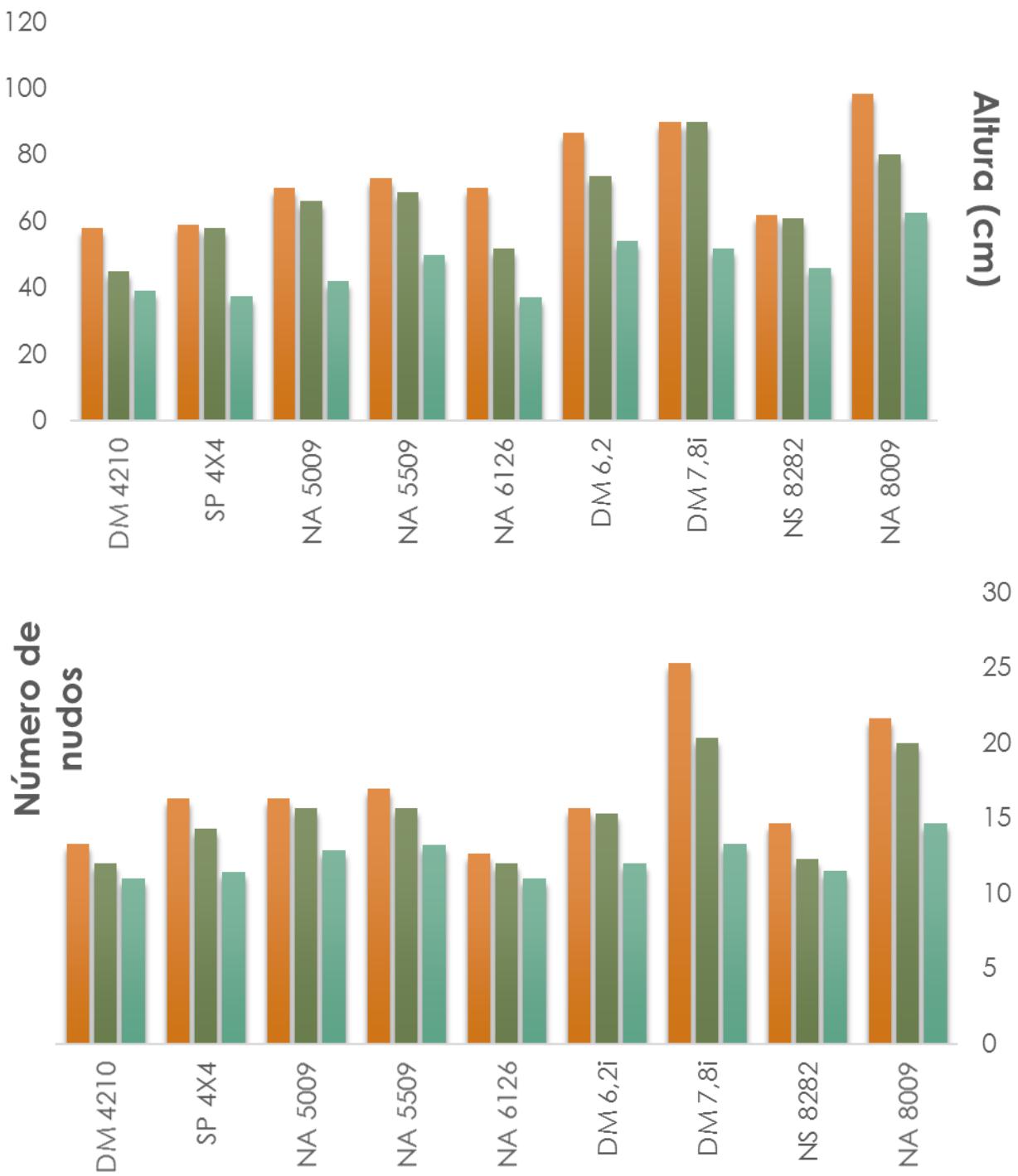


Figura 7: Máxima altura alcanzada en cm (A), números de nudos en el tallo principal (B), para cada fecha de siembra. En cada variedad: Columna naranja: Fs1, Columna verde oscuro: Fs2, Columna verde claro: Fs3.

Biomasa

Al analizar mediante ANAVA la Biomasa Máxima Alcanzada (BM) por las variedades evaluadas en las FS2 y FS3 se pudo encontrar diferencias altamente significativas para las variables Cultivar ($p>0,0001$) y FS ($p>0,0001$), siendo la variable FS a quien puede atribuirse el mayor porcentaje en la variación de la BM (65,4%), la variable Cultivar representó el 32,6%, mientras que la interacción Cultivar x FS no fue significativa y solo representó el 2% de la variación de la BM.

El retraso en la FS provocó una disminución en la producción de BM. El promedio de BM de las variedades implantadas en la FS2 (23/12) fue significativamente superior a las variedades con FS3 (23/1).

Cuadro N° 2: Promedio de biomasa máxima alcanzada ($g.m^{-2}$), en cada fecha de siembra

Fecha de Siembra	BM ($g.m^{-2}$)
23-dic	403,2 A
23-ene	246,5 B

Las variedades DM 7.8i, NA 8009 y DM 6.2i fueron las que presentaron mayor BM para las FS 2 y 3, diferenciándose del resto (Fig. 7).

En la FS2 los cultivares DM4210, SP4X4, NA5509, NA6126 presentaron una menor cantidad de BM, esto pudo ser debido al gran estrés térmico que presentaron durante su ciclo; sin embargo los cultivares NA5009, DM6.2, DM7.8i, NS8282, NA8009 produjeron una mayor cantidad de biomasa.

En cambio, para la FS3 se presentó algo similar, siendo los GM cortos (DM4210, SP4X4, NA5009, NA5509, NA6126), los que presentaron una menor BM, los demás cultivares es decir DM6.2, DM7.8i, NS8282 y NA8009 alcanzaron una mayor BM. Se puede destacar que los cultivares de hábito de crecimiento determinado NA6126 y NS8282, en ambas fechas de siembra obtuvieron bajos valores de BM respecto a los cultivares de su mismo GM, limitando así la producción de biomasa.

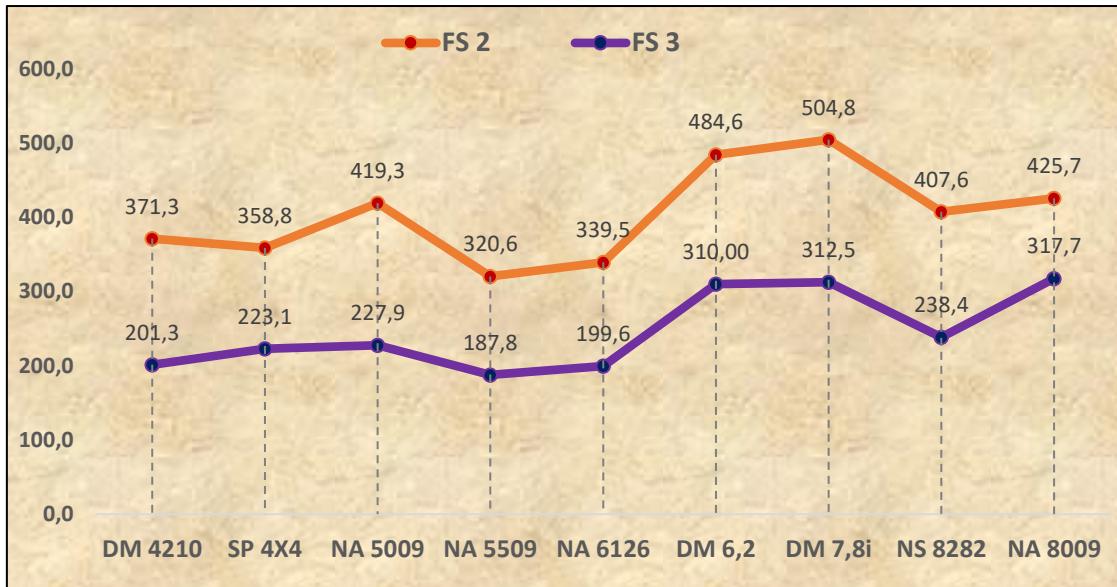


Figura 8: Biomasa máxima alcanzada. Línea anaranjada corresponde FS2 (23-dic) y línea violeta a la FS3 (23-ene).

Rendimiento

La evaluación del rendimiento de la FS2 y FS3 mediante el análisis de la varianza permitió determinar diferencias altamente significativas ($p<0,0001$) para la variable Cultivar y para la interacción Cultivar*FS. No se encontraron diferencias significativas para FS. El porcentaje de variación del rendimiento atribuible a la variable Cultivar fue del 81,3%, la variable FS sólo pudo explicar el 1,6% de dicha variación, mientras que a la interacción de Cultivar*FS pudo atribuirse el 17,1% de la variación en el rendimiento.

El rendimiento promedio del ensayo para la FS2 fue de 1855 kg.ha⁻¹ mientras que para la FS3 el rendimiento promedio alcanzó los 1969 kg.ha⁻¹, no encontrándose diferencias entre ambas FS a pesar de que la producción de BM fue mayor para la FS2 que para la FS3.

La variedad DM 7.8i se destacó por su rendimiento en ambas FS. Las variedades de ciclo más corto (DM4210, SP4X4, NA5009 y NA6126) presentaron menores rendimientos en ambas FS.

En la FS2 las variedades de ciclo más largo (DM7.8i, NS8282 y NA8009), presentaron mayor rendimiento.

Se pudo observar que los cultivares que presentaron interacción con FS fueron DM6.2 y NA5509 con mayor rendimiento para FS3, y NS8282 alcanzó mayor rendimiento para FS2.

Cuadro N°3: rendimiento expresado en kg ha^{-1} con humedad de grano corregida a 13,5% para la FS 2 (23-dic) y FS 3 (23-ene).

VARIEDAD	FS 23-dic	FS 23-ene
DM 4210	1000 d	1469 d
SP 4X4	1443 d	1597 cd
NA 5009	1731 c	1637 cd
NA 5509	1685 c	2205 ab
NA 6126	1616 c	1721 cd
DM 6,2i	1816 bc	2393 a
DM 7,8i	2620 a	2606 a
NS 8282	2589 a	1909 bc
NA 8009	2200 ab	2184 ab
DMS	443,9	438,6
CV (%)	13,82	12,87

Medias con letras en común no son significativamente diferentes según prueba LSD Fisher ($\text{Alfa}=0,05$)

Relación entre Biomasa Máxima Alcanzada y Rendimiento

Al analizar la relación entre BM y rendimiento mediante regresión lineal no se pudo observar una relación directa entre la cantidad de máxima biomasa alcanzada y rendimiento logrado por cada variedad.

La figura 9-A muestra la regresión lineal que incluye los datos de las dos fechas de siembra del 23/12 y del 23/01. Se observó que no hubo significancia entre la relación entre la BM y rendimiento por la gran dispersión de puntos, ya que el análisis arrojo un valor del coeficiente del R2 muy bajo (0,0789).

La figura 9-B, incluye los datos de fecha de siembra del 23/12, se apreció la gran dispersión de puntos, ya que valores altos de biomasa, le corresponde valores bajos, intermedios y altos de rendimiento, por ende no hay una relación directa. Correspondiéndole un valor de coeficiente relativamente bajo R2:0,1691.

Para la figura 9-C, incluye los datos de fecha de siembra del 23/01, presenta una menor dispersión de los puntos, pudiendo visualizarse que para la mayoría hay una pequeña relación entre ambas variables, ya que al aumentar los valores de biomasa, aumenta los de rendimiento. La relación mejora con respecto a las FS2, ya que el coeficiente aumenta, arrojando un valor de R2: 0,4039. Aun así no es posible establecer una relación entre BM y rendimiento.

Esta ausencia de relación entre BM y rendimiento debería ser analizada considerando como fue afectada la formación de rendimiento ya que como se vio anteriormente la BM disminuyó con el retraso de la FS pero no sucedió lo mismo con el rendimiento.

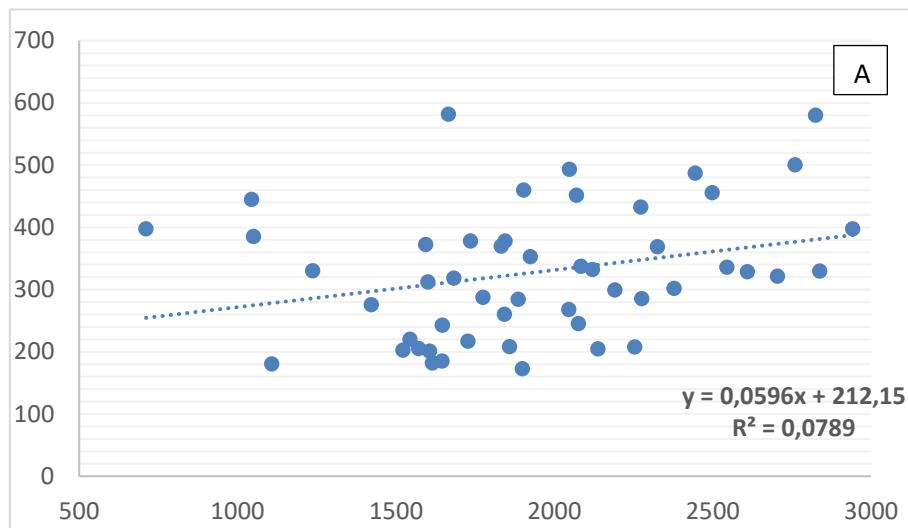


Figura 9-A:
relación entre
biomasa máxima
acumulada y
rendimiento para
las FS2 y FS3

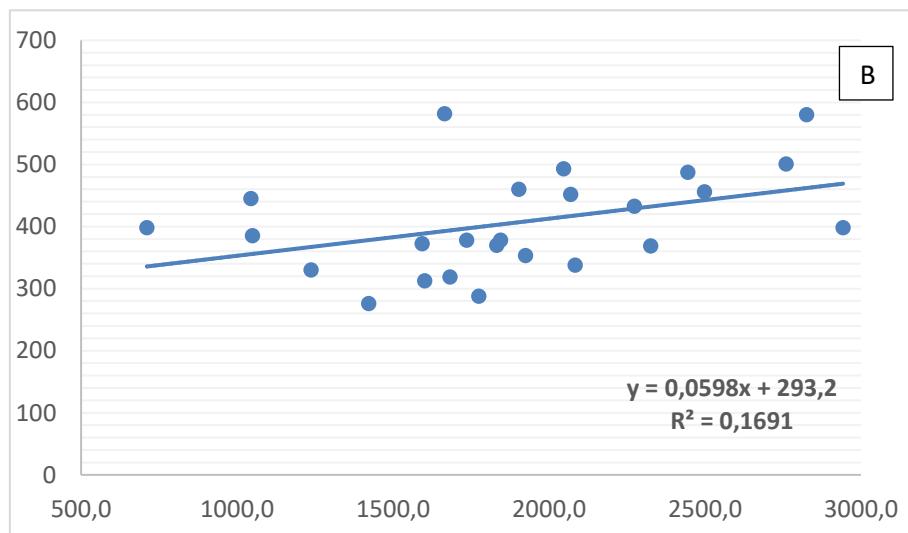


Figura 9-B:
relación entre
biomasa máxima
acumulada y
rendimiento para
las FS2.

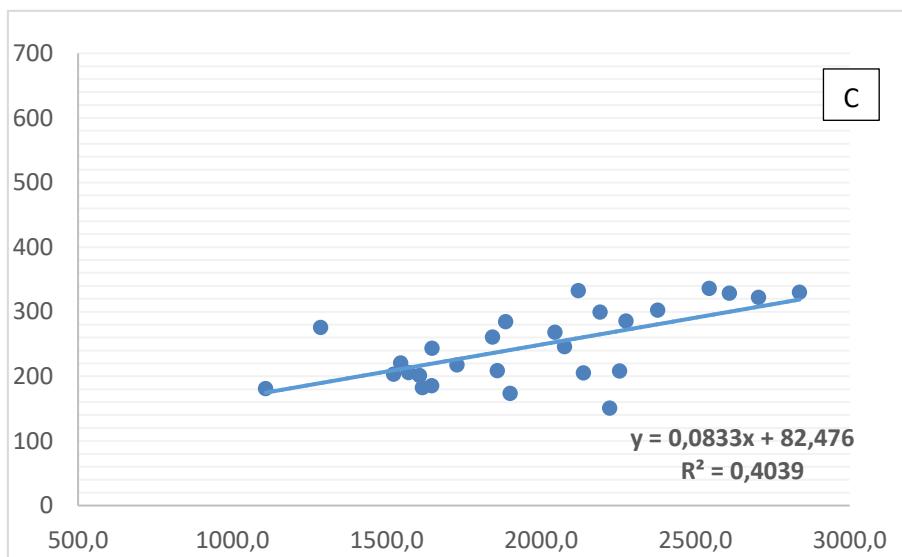


Figura 9-C:
Relación entre
biomasa máxima
acumulada y
rendimiento para
las FS3.

Efecto de variables ambientales

Los efectos producidos por las variables ambientales, como fotoperiodo, radiación, temperatura y disponibilidad hídrica pueden afectar tanto al crecimiento como la formación del rendimiento.

La variabilidad del fotoperíodo y la temperatura en las distintas fases del cultivo, determina la precocidad de los cultivares. Al variar la fecha de siembra, los diferentes GM (IV al VIII) estarán sujetos a distintas condiciones ambientales debido a la ocurrencia de los diferentes estados fenológicos y por lo tanto los períodos de determinación de los componentes del rendimiento se producen bajo distintas condiciones ambientales, causando las posibles variaciones en los rendimientos.

Es de suma importancia analizar las precipitaciones y la evapotranspiración a lo largo del ciclo del cultivo, para poder determinar el déficit hídrico y este a su vez para determinar la magnitud del efecto causado sobre la planta, este depende de la intensidad, duración y momento de ocurrencia del déficit porque para una misma intensidad de deficiencia, el efecto de esta sobre el rendimiento será distinto porque dependerá en qué estado fenológico este el cultivo.

Radiación Global

Para evaluar el efecto de la radiación solar, se determinó la Radiación Global Acumulada (RGA) para cada cultivar en toda la duración del ciclo del cultivo, es decir cuanta radiación global fue acumulada (expresada en Mj/m^2) desde la fecha de siembra hasta R8 para cada cultivar, se realizó lo mismo para las tres fechas de siembra.

Al comparar FS1, FS2 y FS3, a medida que se retrasó la fecha de siembra disminuyó RGA para cada cultivar debido a que los días se fueron acortando. Como consecuencia de obtener menor radiación solar puede verse afectada la tasa de fotosíntesis, esto a su vez trae un menor crecimiento.

En la FS1 y FS2, los GM VII y VIII son los que pudieron interceptar mayor radiación solar, debido a que presentan mayor duración del ciclo. Y en comparación a cada fecha de siembra, la primera fecha de siembra del 14 de noviembre fue la que presentó la mayor radiación solar para todos los cultivares. Por otro lado la FS3 presentó menor RGA que la FS2, esto puede explicar el menor crecimiento expresado en BM alcanzado por la FS3 al compararlo con la FS2.

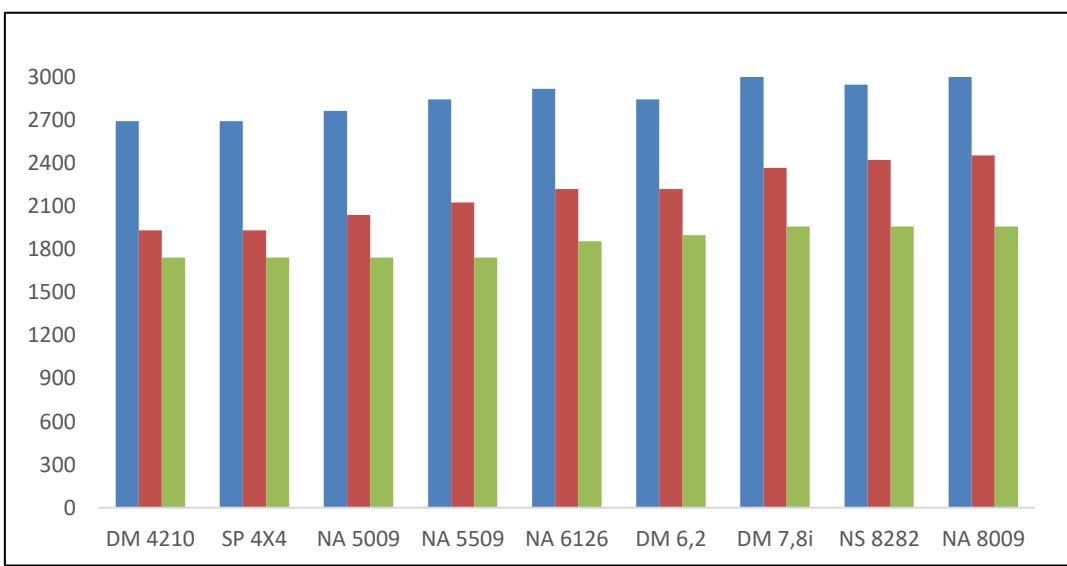


Figura 10: Radiación Global acumulada (expresada en Mj/m^2), según FS para cada cultivar. Columna azul: FS1, Columna roja: FS2, Columna verde: FS3.

Temperatura

Para poder analizar el efecto de la temperatura, se determinó dos períodos muy importantes para el ciclo del cultivo, el periodo crítico (PC) considerando el período que abraza de R4 hasta R5.5 y periodo de llenado de grano (PLL) que comprende entre R5.5 hasta R7, estableciéndose su duración en días. También se determinó para cada uno de estos períodos las temperaturas máximas promedio y la cantidad de días que presentaron temperaturas por encima de 32°C y de 39°C, ya que algunos autores postulan que con 32°C se produciría una disminución de la tasa fotosintética y que esto a su vez podría afectar el rendimiento (Vu et al. 1997), mientras que otros sostienen que el crecimiento del cultivo puede continuar aun con temperaturas medias diarias de 39°C (Pan, 1996). Por esto se decidió tomar los valores de temperatura mencionados anteriormente, para poder explicar los efectos del estrés térmico.

Para cada fecha de siembra, la duración de cada periodo y las temperaturas que se presentaron fueron heterogéneas, como consecuencia a esto, cada cultivar se vio afectado de distinta manera.

Para la FS 1 (Tabla 2-A): los cultivares de GM más cortos como DM4210, SP4X4 y NA5009, fueron los más afectados por las altas temperaturas en el PC. De 25 días promedio de duración (DPD) de este periodo, 24 días presentaron temperaturas por encima de 32°C y de esos 25 días promedio, 4 de ellos presentaron temperaturas por encima de 39°C; El promedio de temperaturas máximas a 32°C (PTM), fue de 36°C para ambos cultivares. Antes esto, podemos

decir que estas cultivares sufrieron estrés térmico que pudo provocar mermas en el número de vainas por mayor aborto de las estructuras reproductivas en formación como lo explica el autor Molino, J. (2011). En cuanto al PLL estos mismos cultivares presentaron 35 días promedio de duración de dicho periodo y 25 días con temperaturas por encima de 32°C, pudiéndose verse afectado el peso de los granos por estrés térmico, tal como lo describen Gibson y Mullen (1996) y Ferris et al. (1999) .Estos periodos de altas temperaturas coinciden con periodos de baja disponibilidad hídrica como veremos más adelante. La sumatoria de ambos efectos, provoco plantas sin la presencia de follaje, sin vainas y en algunas solamente presentaba el tallo de la planta.

Para los GM intermedios, NA5509, NA6126 y DM6.2, en el PC de 25 días promedio de duración, 19 días presentaron temperaturas por encima de 32°C.; el PTM fue de 35°C. Sin embargo en el PLL, de 25 DPD del periodo, 20 días presentaron temperaturas por encima de 32°C, con un PTM de 34°C. Lo que pone a estos cultivares en una situación de estrés durante el PLL pudiéndose verse más afectado el peso de los granos.

Los GM más largos como DM7.8i, NS8282 y NA8009, fueron menos afectados tanto en el PC, ya que de 25 DPD de dicho periodo, solamente 17 días presentaron temperaturas por encima de 32°C como en el PLL comportándose de manera similar, con 24 DPD del periodo, solo 14dias presentaron temperaturas por encima de 32°C, con la diferencia que presentaron algunos días con temperaturas por encima a 39°C. En ambos periodos presentaron un PTM de 32°C. Podemos decir que estos cultivares fueron menos afectados por estrés térmico durante el PC y pudo verse comprometido el peso de los granos por las altas temperaturas durante el PLL.

Para FS2 (Tabla 2-B): los GM IV y V en el PC, se registró 14 días por encima de 32°C con respecto a los 22 DPD de dicho periodo; el PTM fue 32°C. En el PLL para los mismo GM presentaron 21 DPD del periodo, con lo cual 14 días de ellos presentaron temperaturas por encima de 32°C; con un PTM de 34°C. En comparación al PC, se puede manifestar un leve estrés térmico en el PLL, pudiéndose afectado la reducción del peso de los granos.

Para los cultivares DM7.8i, NS8282 y NA8009, la situación se exhibió de manera inversa, es decir que en el PC se manifestó episodios de estrés térmico, ya que para este periodo, su duración fue de 19 días, y entre ellos 16 días presentaron temperaturas por encima de 32°C; con un PTM de 34°C. En cambio para el PLL las condiciones mejoraron, de 26 DPD de dicho período, solamente 6 días presentaron temperaturas por encima de 32°C y ningún día con temperaturas por encima de 39°C.

Para la FS3 (Tabla 2-C): en comparación con las demás fechas de siembra, fue la que presentó las mejores condiciones en cuanto al comportamiento de la variable temperatura.

Para los GM IV y V, en el PC se presentó con 16 días promedio de duración del periodo, con 9 días con temperaturas por encima de 32°C y por lo menos un día de temperaturas por encima de 39°C en cada cultivar. El PTM fue de 31°C. En el PLL se presentaron menos días de exposición a altas temperaturas, ya que de 22 DPD del periodo, solamente 6 días fueron expuestas a temperaturas por encima de 32°C y ningún día con presencia de temperaturas por encima de 39°C; con un PTM de 30°C.

Para los GM VI, VII y VIII el ambiente se manifestó de manera similar, en el PC los DPD para tal periodo fueron de 17, con 5 días con temperaturas por encima de 32°C. En el PLL la duración de dicho periodo fue de 25 días, entre ellos 4 días presentó temperaturas por encima de 32°C; en ningún periodo se manifestó temperaturas por encima de 39°C.

Tabla N°2 Ocurrencia de temperaturas en PC y PLL en las distintas variedades de las 3 FS. PC (barra rosada): periodo crítico comprendido entre R4 y R5.5. PLL (barra azul): período de llenado de granos comprendido entre R5.5 y R7. Fecha: días de inicio y de finalización para cada período. DP: duración de cada período. D > 32°C: días que presentaron mayores temperaturas a 32°C durante cada período. PTM: promedio de temperaturas máximas a 32°C. D > 39°C: días que presentaron mayores temperaturas a 39°C durante cada período. GM: grupo de madurez.

A

FS1	PC					PLL					
	Variedad	Fecha	DP	D > 32°C	PTM	D > 39°C	Variedad	Fecha	DP	D > 32°C	PTM
DM 4210	10/01-07/02	27	26	36	5	07/02-13/03	36	26	33	2	
SP 4X4	12/01-09/02	27	26	36	4	10/02-13/03	34	24	33	0	
NA 5009	20/01-10/02	20	20	36	3	11/02-16/03	36	26	33	0	
NA 5509	26/01-18/02	22	16	36	2	19/02-20/03	32	26	33	0	
NA 6126	03/02-04/03	31	22	33	1	05/03-24/03	20	16	34	2	
DM 6,2	03/02-27/02	24	20	34	1	28/02-20/03	23	18	34	2	
DM 7,8i	09/02-06/03	27	18	33	1	07/03-01/04	25	14	32	2	
NS 8282	13/02-05/03	22	14	32	0	06/03-28/03	23	15	32	2	
NA 8009	10/02-07/03	27	19	32	0	08/03-01/04	24	13	32	2	

B

FS2	PC					PLL					
	Variedad	Fecha	DP	D > 32°C	PTM	D > 39°C	Variedad	Fecha	DP	D > 32°C	PTM
DM 4210	10/02-01/03	21	14	32	0	02/03-19/03	18	16	34	1	
SP 4X4	09/02-09/03	30	21	33	1	10/03-19/03	10	10	36	1	
NA 5009	13/02-03/03	20	13	32	0	04/03-26/03	23	16	33	0	
NA 5509	20/02-07/03	17	10	32	0	08/03-01/04	24	13	32	0	
NA 6126	13/02-05/03	22	14	32	1	06/03-06/04	31	15	32	0	
DM 6,2	23/02-12/03	19	14	33	0	13/03-06/04	24	9	31	1	
DM 7,8i	03/03-20/03	17	17	35	1	21/03-15/04	25	6	30	0	
NS 8282	05/03-23/03	18	16	34	1	24/03-20/04	27	6	29	0	
NA 8009	05/03-25/03	20	16	34	1	26/03-22/04	27	4	29	0	

C

FS3	PC					PLL					
	Variedad	Fecha	DP	D > 32°C	PTM	D > 39°C	Variedad	Fecha	DP	D > 32°C	PTM
DM 4210	10/03-28/03	18	11	32	1	28/03-20/04	22	6	30	0	
SP 4X4	10/03-28/03	18	11	32	1	28/03-20/04	22	6	30	0	
NA 5009	14/03-28/03	14	7	31	1	28/03-20/04	22	6	30	0	
NA 5509	14/03-28/03	14	7	31	1	28/03-20/04	22	6	30	0	
NA 6126	14/03-28/03	14	7	31	1	28/03-28/04	30	6	30	0	
DM 6,2	21/03-09/04	18	3	29	0	09/04-01/05	22	4	30	0	
DM 7,8i	19/03-08/04	19	4	30	0	08/04-06/05	28	6	29	0	
NS 8282	26/03-13/04	17	6	30	0	13/04-06/05	23	3	29	0	
NA 8009	28/03-13/04	15	6	30	0	13/04-06/05	23	2	29	0	

Precipitaciones y Evapotranspiración

Para evaluar las variables ambientales como precipitaciones y evapotranspiración, se analizaron los valores de cada una de ella en dos periodos muy susceptibles para la planta, en el periodo crítico y en el periodo de llenado de granos para cada cultivar y en las tres fechas de siembra (FS1-FS2-FS3).

En la FS1 (figura 11-A) los GM IV y V presentaron en el PC un promedio de precipitaciones para el periodo (PPP) de 71mm, y un promedio de evapotranspiración para el periodo (PEVT) de 161mm, claramente se puede determinar un balance hídrico muy negativo. Ya que el PC es el periodo más sensible (comprendido entre la fijación de vainas e inicio de la formación de semillas) ante esta situación el déficit hídrico afectó provocando aborto de flores e incidiendo sobre el número final de vainas como así también al número de granos, provocando una reducción en el rendimiento. Esta situación pudo ser compensada en parte con el peso de los granos. En cambio, para el PLL las condiciones ambientales fueron más benévolas, presentando un PPP de 120mm, con un PEVT de 158mm.

Para los GM VI, VII y VIII, las condiciones se manifestaron inversamente. En el PC el PPP fue de 130mm, con un PEVT de 125mm, debido a estos valores el balance hídrico fue positivo, no siendo lo mismo para el PLL ya que presentaron un PPP de 22mm con un PEVT de 103mm. Frente a esta condición se puede decir que el PLL transcurrió bajo condiciones de estrés que pudieron afectar el rendimiento, por reducciones en el peso de los granos. Pese que a que las vainas en estado avanzado de llenado de granos en general no abortan, bajo estas condiciones se pudo haber acortado el periodo de rápida acumulación de peso seco y reducir el peso de los granos.

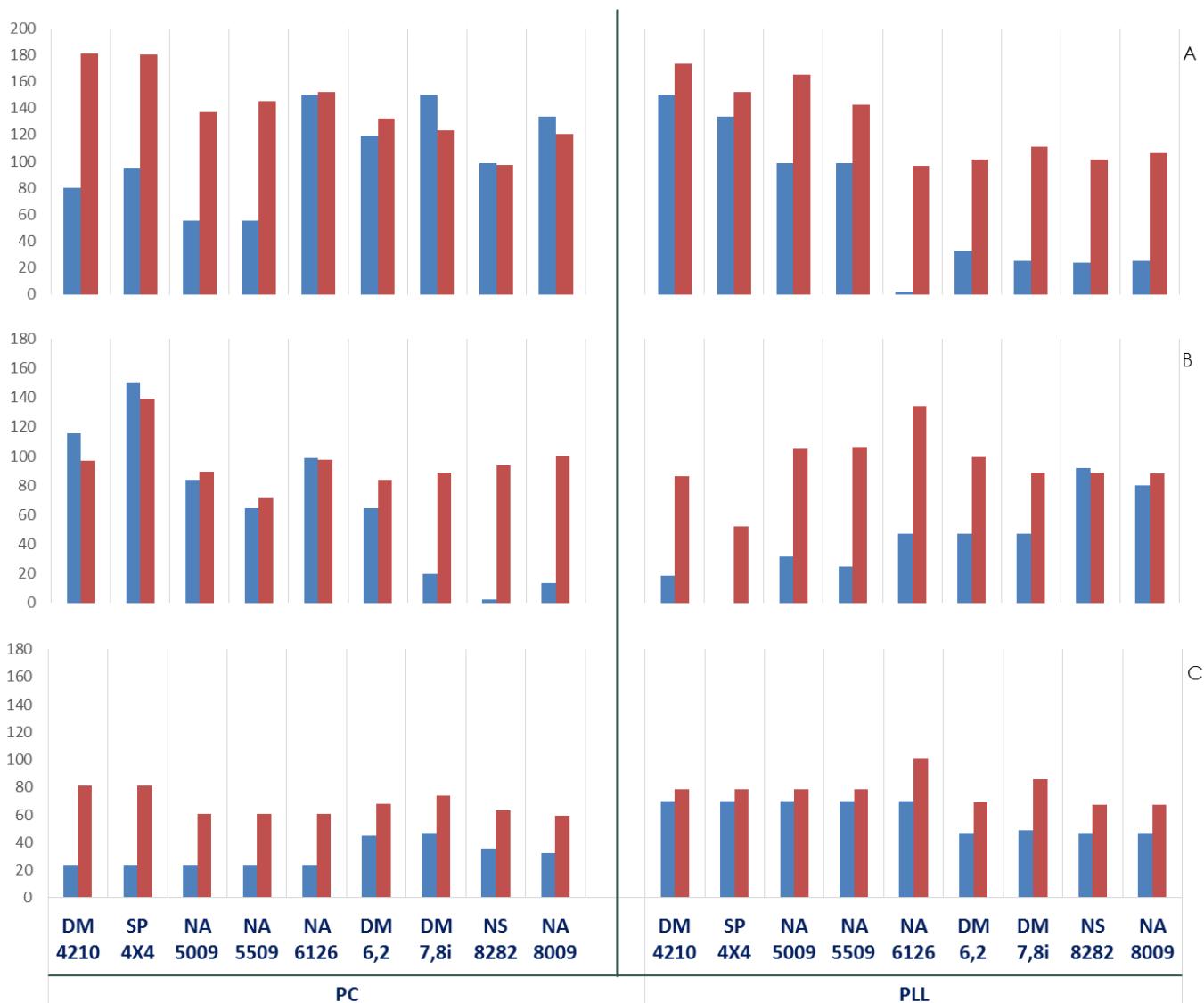
Al analizar la FS2 (Fig. 11-B) se observó que para los GM IV, V y VI se presentaron buenas condiciones durante el PC con un PPP de 91mm y con un PEVT de 96mm, cabe destacar que la mayoría de las variedades (DM4210, SP 4x4 y NA6126) de estos GM presentaron un balance hídrico positivo. En el PLL estos GM se vieron más afectados ya que presentaron un PPP de 28mm y un PEVT de 97mm es decir que pudo verse afectado el peso de los granos.

Los GM más largos como VII y VIII sufrieron un marcado estrés hídrico en el PC, con muy bajas a nulas precipitaciones, presentando así un PPP de 12mm con un PEVT de 94mm. Con lo cual el rendimiento pudo verse comprometido ya que esta situación de estrés hídrico sumada a la situación de estrés térmico en para este periodo (Cuadro 2-B) pudo afectar el número de granos por superficie, principal componente del cultivo. Esto puede explicar porque estos cultivares a

pesar de haber producido mayor biomasa en esta FS que en la FS3 no presentaron mayor rendimiento. Por otro lado, para el PLL la situación cambio positivamente presentando un PPP de 73mm y un PEVT de 88mm. Es decir que cuando el estrés hídrico afecta en el PC, tenemos reducciones en el número de granos, pero si en el PLL no se nos presenta tal estrés, la planta puede verse beneficiada ante la compensación por el peso de los granos.

Para la FS3 (Fig. 11-C) los cultivares de GM IV, V y la variedad NA 6126, presentaron en el PC un PPP de 24mm y un PEVT de 69mm. Pudiendo definirse un balance hídrico negativo en este periodo. Durante el PLL, ya que presentaron mejores condiciones, con un PPP de 40mm y un PEVT de 66mm. Para estos cultivares pudo verse comprometido el rendimiento al coincidir el periodo de fijación de vainas con una situación de posible estrés hídrico. Los GM VII, VIII y la variedad DM 6.2, presentaron en el PC un PPP de 40mm y un PEVT de 66mm. Comparando con el PLL la situación fue similar, presentando un PPP de 66mm y un PEVT de 72mm. En estos cultivares el balance hídrico durante el PC fue negativo, pero de menor magnitud que para los anteriores cultivares.

Figura 11: Las Precipitaciones (PP), columna azul y Evapotranspiración (EVT), columna roja, ambas expresadas en mm para cada período en cada una de las fechas de siembras.



Efectos de combinación de estrés hídrico y térmico



Figura 12: CICLO CORTO (Grupos de madurez IV, V) correspondiente a la FS1.

Para DM 4210, se pudo observar como quedo solamente el tallo principal, en algunas plantas se apreciaron alguna presencia de vainas, pero enrulladas y con dehiscencia.

Para SP 4X4 se observaron hojas en los últimos nudos, en cambio para NA 5009 se apreciaron buen follaje de hojas secas y verdes.

En relación a las tres variedades, se puede destacar el gran impacto que tuvieron ambas variedades, por el gran aborto de vainas, y particiones reproductivas.

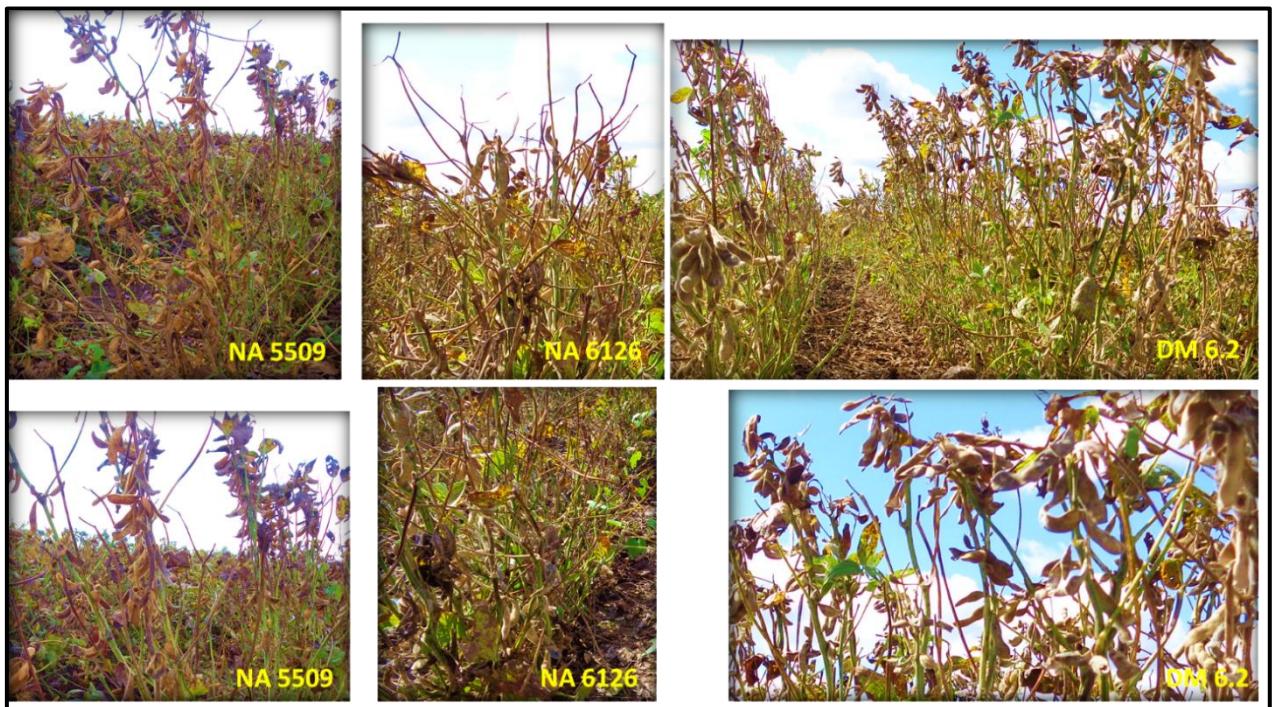


Figura 13: CICLO INTERMEDIO (Grupo de Madurez V, VI), correspondiente a la FS1.

En NA 5509, se apreciaron racimos de vainas en los últimos nudos del tallo principal, en NA 6126 se pudo observar mayor ramificaciones del tallo principal, y mayor distribución de vainas a lo largo del tallo, esto es debido a que presenta un crecimiento determinado por ende posee menos tiempo de superposición del crecimiento vegetativo con el reproductivo. En cambio para DM6.2 fue afectada de manera similar que NA 5509, con el agregado de tallo verde y más follaje verde.



Figura 14: CICLO LARGO (Grupo de Madurez VII, VIII) correspondiente a la FS1.

Estos son los cultivares de grupo de madurez más largo, se nota una mayor diferencia entre el resto de los cultivares, por presentar mayor follaje, mayor número de vainas. Esto es debido a que su ciclo es más largo que las demás, porque son cultivares adaptados a fotoperiodos más cortos.

CONCLUSIONES

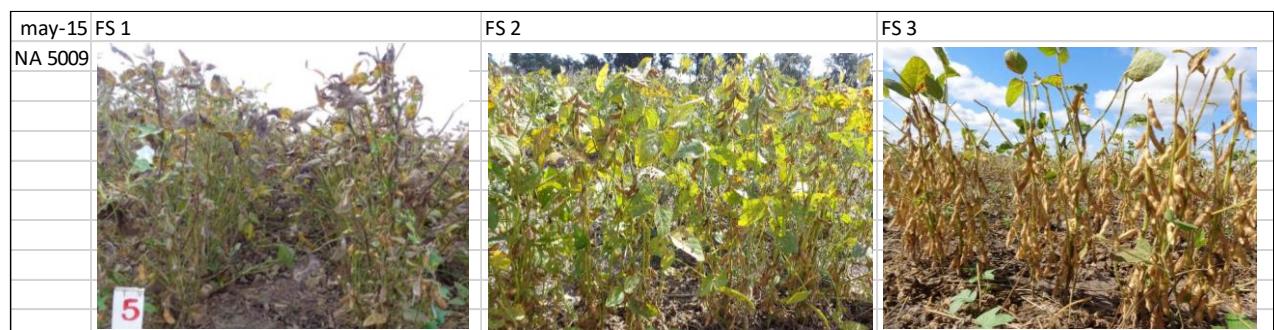
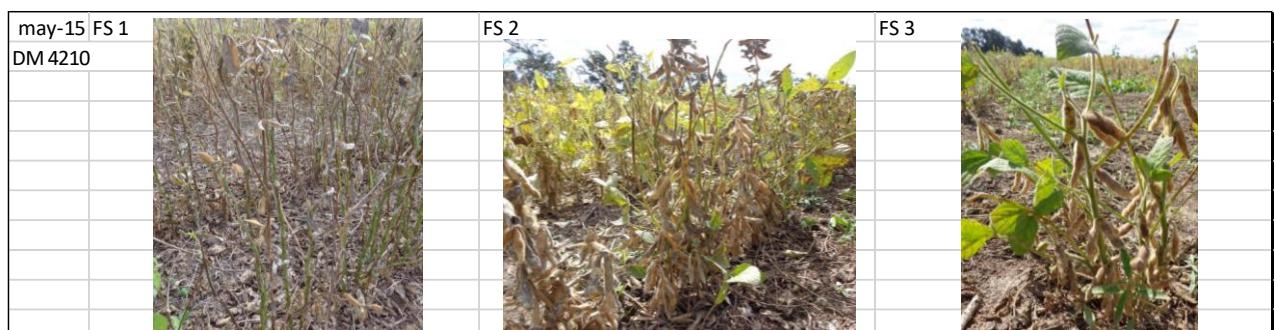
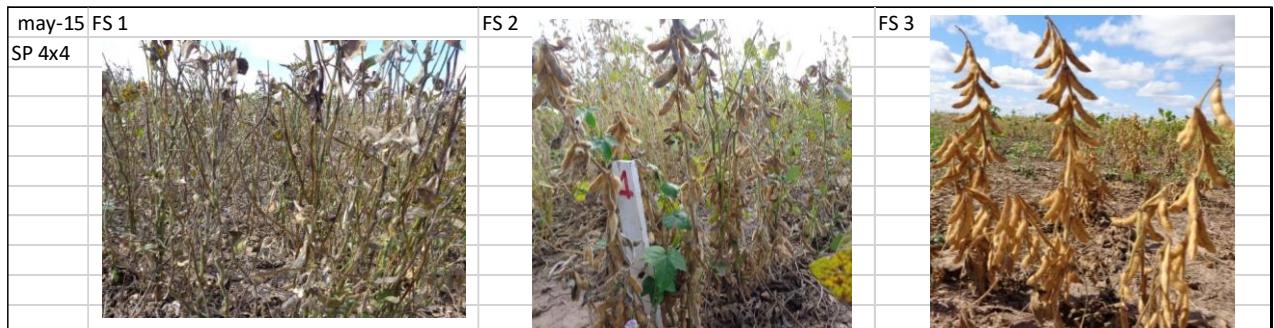
- ❖ Todos los cultivares redujeron su ciclo con el atraso de la fecha de siembra. Dentro de cada GM los cultivares no redujeron su ciclo del mismo modo. El retraso en la FS provocó una reducción en la altura de plantas y en el número de nudos en el tallo principal.
- ❖ El retraso en la FS provocó una reducción del crecimiento. El crecimiento medido mediante la Biomasa Máxima Alcanzada (BM) fue mayor en la FS2 respecto de la FS3.
- ❖ No se encontró una relación entre BM y rendimiento. El rendimiento en ambas FS no difirió.
- ❖ El análisis del balance hídrico y las temperaturas máximas permitió detectar posibles situaciones de estrés hídrico y térmico para el Periodo Crítico de fijación de vainas y el Periodo de Llenado de granos. Estas situaciones pudieron tener mayor incidencia para los cultivares de GM VII y VIII en la FS2.
- ❖ La ocurrencia de episodios de estrés puede limitar la expresión de rendimientos del cultivo independientemente de la BM.

ANEXO

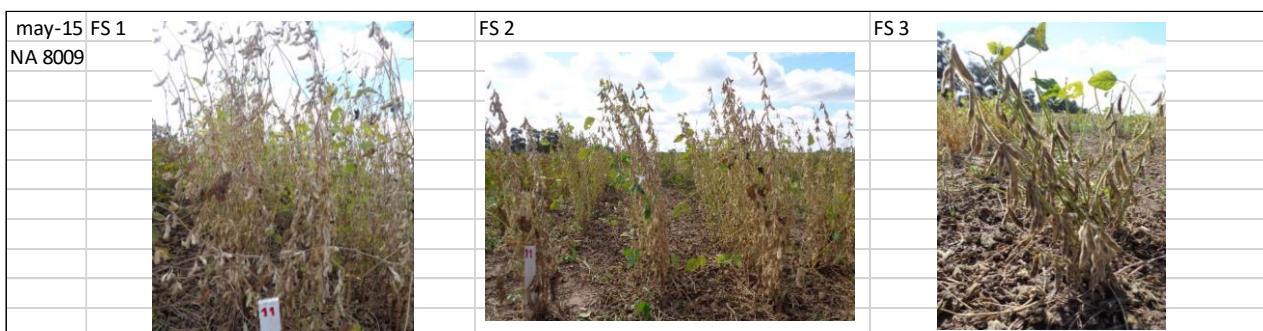
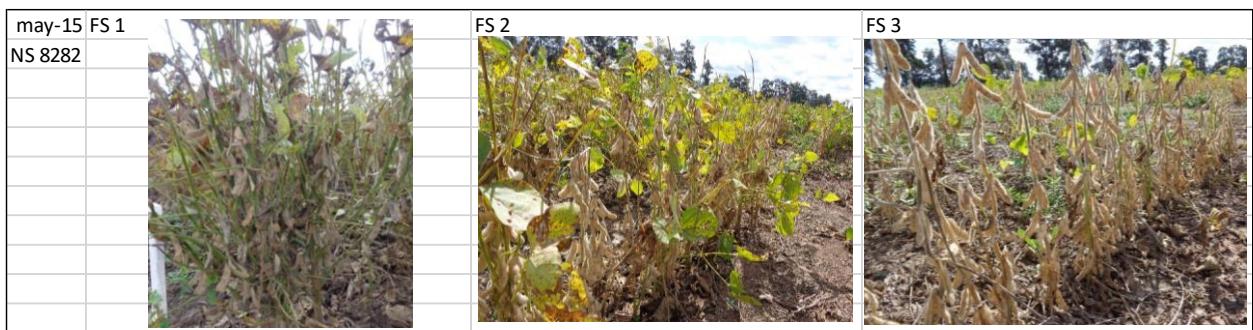
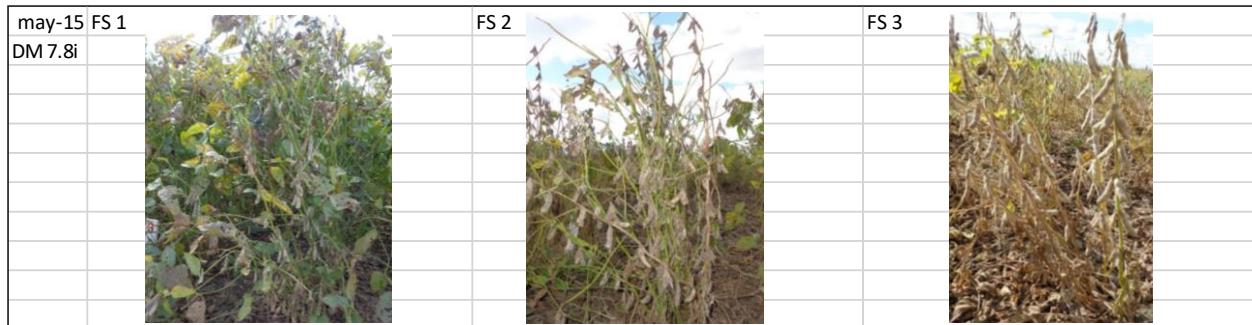


Fotografías de muestras de plantas tomadas a campo para determinación de biomasa.

Comparación de fotografías tomadas el 15 de mayo de 2015, para cada cultivar en cada fecha de siembra (FS1-FS2-FS3)



may-15	FS 1 NA 6126		FS 2		FS 3	
--------	-----------------	---	------	---	------	---



BIBLIOGRAFÍA

- Arenas, F y Antonini, G. 2014. Evolución del cultivo de Soja en el mundo y en Argentina.
- ANDRIANI, J. M. (2002). Estrés hídrico en soja. IDIA 21 (3): 48-51,
En: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210905.pdf> (Fecha de consulta: 10/8/2016).
- Baigorri, H.E. 1997. Manejo del cultivo. En: Giorda, L.M y Baigorri, H.E. (Eds). El cultivo de la soja en la Argentina. Editar, S. Juan. M. Juarez, Argentina. pp: 125-138.
- Baigorri, H. 2004. Criterios para la elección y el manejo de cultivares de soja. Informe Técnico EEA INTA Marcos Juárez. En:
<http://www.inta.gov.ar/mjuarez/info/documentos/soja/celmannsoja04.pdf>. (Fecha de consulta: 18/10/2014).
- Baigorri, H. E. J., Tronfi E., Valdez, Marcelo, Vecchio, D.; Fernández Reuter, H., Hernández L. 2008. Análisis conjunto de la red tester de soja campañas 2005/6, 2006/7 y 2007/8. En Red Tester de Soja. Campaña 2007/08. Aceitera General Deheza.
- Board, J.E. y Hall, W. 1984. Premature flowering in soybean yield reductions at non optimal planting dates as influenced by temperature and photoperiod. Agron. J. 76:700–704.
- Bolsa de cereales, Revista Bolsa de Cereales, anuario estadístico 2013/14.
- Caceres Díaz, R.; Herrera, G., Palaoro, D., Leiva, M, Álvarez, M y Alcaraz, D. 2008. Análisis pluviométrico del suroeste de la provincia del Chaco. XII Reunión Argentina de Agrometeorología. 8 al 10 de octubre de 2008. San Salvador de Jujuy. Argentina,
En:<http://inta.gob.ar/documentos/analisis-pluviometrico-del-suroeste-de-la-provincia-del-chaco>. (Fecha de consulta: 23/11/2014).
- Calviño, P.A., Sadras, V.O. y Andrade, F.H. 2003. Quantification of environmental and management effects on the yield of late-sown soybean. Field Crops Res. 83: 67-77.
- Dardanelli, J., Collino, D., Otegui, M. y sadras, V. 2012. Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de grano. Pp 397-404. En: Production de Granos. Bases funcionales para su manejo. Editores: Satorre, E.; Benech Arnold, R., Slafer, G., de la Fuente, E., Miralles, D., Otegui, M. y Savin, R. Editorial Facultad Agronomía. UBA.
- Egli, D. B. y Cornelius, P.L. 2009. A regional analysis of the response of soybean yield to planting date. Agron. J. 101: 300-335.
- Fehr, W.E.; Caviness, C.E. 1977. Stages of soybean development. Spec. Rep. 90 Coop. Extension Service. Iowa Estate University.

- Gibson LR, Mullen RE (1996) Influence of day and night temperature on soybean seed yield. *Crop Science* 36, 98-104. En: Molino, J. 2011. Estrés térmico por alta temperatura en soja: análisis de la dinámica de producción y fijación de vainas y su efecto sobre la determinación del rendimiento. Tesis para optar por el grado de Magister. EPG “Alberto Soriano”-FAUBA.
- Herrera, G. 2009. Parámetros climáticos. Estación Meteorológica EEA INTA Las Breñas. En: <http://inta.gob.ar/documentos/parametros-climaticos-eea-las-brenas>. (Fecha de consulta 23/11/2014.)
- MAGyP (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación); Sistema Integrado de Información Agropecuaria, En: <http://www.siiia.gov.ar/index.php/series-por-tema/agricultura> (Fecha de consulta 20/11/2014).
- Molino, J. 2011. Estrés térmico por alta temperatura en soja: análisis de la dinámica de producción y fijación de vainas y su efecto sobre la determinación del rendimiento. Tesis para optar por el grado de Magister. EPG “Alberto Soriano”-FAUBA, En: <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2011molinojosefina.pdf> (Fecha de consulta 04/11/2015).
- Murgio, M., Fuentes, F., Lenzi, L., Soldini, D. y Salines, L. 2014. Reducción del rendimiento en función del retraso en la fecha de siembra. Actualización Técnica 2014. Informe de Actualización Técnica Nº 32. Soja. EEA Marcos Juárez. INTA Ediciones. pp: 90-94.
- Pan, D. (1996) Soybean responses to elevated temperature and CO₂. In 'PhD dissertation'. University of Florida, Gainesville p. 224. En: Molino, J. 2011. Estrés térmico por alta temperatura en soja: análisis de la dinámica de producción y fijación de vainas y su efecto sobre la determinación del rendimiento. Tesis para optar por el grado de Magister. EPG “Alberto Soriano”-FAUB.
- Fernando H. Arenas, Carlos A. Antonini. Facultad de Ciencias Agrarias – UNCuyo, 2014.
- Vu, J., Allen L., Boote K., Bowes G. (1997) Effects of elevated CO₂ and temperature and photosynthesis on Rubisco in rice and soybean. *Plant, Cell and Environment* 20, 68-76. En: Molino, J. 2011. Estrés térmico por alta temperatura en soja: análisis de la dinámica de producción y fijación de vainas y su efecto sobre la determinación del rendimiento. Tesis para optar por el grado de Magister. EPG “Alberto Soriano”-FAUBA.