



Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Escuela para Graduados

***DESARROLLO DE ESTRATEGIAS DE SIEMBRA DEL
CULTIVO DE SOJA [*Glycine max* (L.) Merr] EN EL
DEPARTAMENTO SAN JUSTO, CÓRDOBA, ARGENTINA***

Eduardo José Cortés

Trabajo Final
para optar al Grado Académico de
Especialista en Producción de Cultivos Extensivos

Córdoba – 2015

***DESARROLLO DE ESTRATEGIAS DE SIEMBRA DEL
CULTIVO DE SOJA [*Glycine max* (L.) Merr] EN EL
DEPARTAMENTO SAN JUSTO, CÓRDOBA,
ARGENTINA***

Eduardo José Cortés

Tutor: Ing. Agr. M. Sc. Jorge Villar Ezcurra

Co-Tutora: Ing. Agr. M. Sc. Dr. Claudia Vega

**Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Tribunal
Evaluador**

Ing. Agr. M. Sc. Sergio Luque

.....

Ing. Agr. MSc. Ernesto Adrián Riera

.....

Dr. Omar Bachmeier

.....

Presentación Formal Académica

09 de noviembre de 2015

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Universidad Nacional de Córdoba

A Lorena, por su constante apoyo en toda mi carrera.

A Agustina y Lautaro que son mi guía.

AGRADECIMIENTOS

Al INTA como Institución, por permitirme realizar esta Especialización en pos del desarrollo técnico y humano.

A la Universidad Nacional de Córdoba por formarme en esta Especialización para ser un mejor profesional.

Al Ing. Agr. (M. Sc.) Jorge Villar Ezcurra por aceptar ser director de mi Trabajo Final, por su dedicación en la corrección y enseñanza brindada.

A la Dra. Claudia Vega por las sugerencias realizadas y por dejarme ser parte de su equipo de trabajo y motivarme todos los días para lograr mi objetivo.

Al Ing. Agr. Alejandro Centeno y a la Ing. Agr. Marta Suero, por su constante guía y apoyo en el desarrollo de la misma.

A la comisión revisora por las correcciones y aportes vertidos.

Por último, a todos aquellas personas que de una u otra forma se interesaron y me acompañaron en el desarrollo de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	12
2.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.	HIPÓTESIS.....	19
4.	OBJETIVOS.....	19
4.1.	Objetivo General.....	19
4.2.	Objetivos Específicos	19
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	20
5.1.	Descripción de sitios y tratamientos	20
5.2.	Manejo de los cultivos	21
5.3.	Variables relevadas	21
5.4.	Análisis estadístico	22
6.	RESULTADOS	23
6.1.	Caracterización ambiental de las localidades de estudio.....	23
6.2.	Efectos de cambios en la fecha de siembra sobre el crecimiento y rendimiento	25
6.3.	Variación de los componentes del rendimiento: número y peso de granos y número de vainas por planta.....	31
6.4.	Altura de planta y número de nudos por planta.....	34
7.	DISCUSIÓN	36
8.	CONCLUSIONES	38
9.	BIBLIOGRAFÍA	39

LISTA TABLAS

Tabla 1. Evolución de los rendimientos de soja en el Departamento San Justo, Córdoba	13
Tabla 2. Descripción de suelos de dos campos de productores en dos localidades del este de Córdoba donde se evaluaron tratamientos de fecha de siembra y cultivares de soja.	20
Tabla 3. Grupo de madurez y variedades de soja sembradas en dos localidades del este de Córdoba durante la campaña 2010-2011.....	20
Tabla 4. Medias y Análisis de la varianza del rendimiento (RTO), peso de mil semillas (PG), número de granos (NG), altura de planta (ALTPL), número de nudos (NNUD) y número de vainas (NV) en genotipos de soja de grupos de madurez (GM) IV a VII sembrados en cinco fechas de siembra (FS), en las localidades (LOC) de Luxardo y Freyre, provincia de Córdoba. Las fechas 1 y 2 corresponden a octubre (12 y 28/10), la 3 a noviembre (17/11) y 4 y 5 a diciembre (07 y 28/12).	26

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Evolución de la superficie sembrada con soja en Argentina, provincia de Córdoba y departamento San Justo. Fuente: Sistema Integrado de Información Agropecuaria. 2011..... 12
- Figura 2. Desarrollo y duración del crecimiento vegetativo, floración, desarrollo de vainas y llenado de granos (Fehr y Caviness, 1977). *en altura de planta y desarrollo de nudos. 15
- Figura 3. Factores que influyen en el rendimiento. Fuente: Apuntes Especialización en Cultivos Extensivos. Módulo Ecofisiología Vegetal. UNC-INTA..... 16
- Figura 4. Rendimiento en relación a la fecha de siembra para seis grupos de madurez realizados en la EEA INTA Marcos Juárez (Fuentes, 2005). 17
- Figura 5. Precipitaciones mensuales (milímetros mensuales durante el ciclo del cultivo 2010-2011) en dos localidades del este de Córdoba.23
- Figura 6. Agua útil acumulada a 1,5 metros de profundidad en cada fecha de siembra y localidad. 24
- Figura 7. Variabilidad del rendimiento en grano de distintos genotipos sembrados en fechas de octubre a diciembre en la localidad de Luxardo y Freyre, Córdoba..... 25
- Figura 8. Rendimiento en grano de distintos genotipos sembrados en fechas de siembra desde octubre a diciembre en las localidades de Freyre (a) y Luxardo (b), en el departamento San Justo, provincia de Córdoba..... 26
- Figura 9. Rendimiento y sus componentes, número y peso de granos en genotipos de cuatro grupos de madurez de soja sembrados en cinco fechas de siembra y en dos localidades (A, Freyre y B, Luxardo) del departamento San Justo durante la campaña 2010-11..... 29-30
- Figura 10. Relación entre el número de granos por unidad de superficie (a) y peso de los granos (b) y el rendimiento en grano de cuatro grupos de madurez y cinco fechas

de siembra en cultivos de soja, sembrados en dos localidades del departamento San Justo.....	31
Figura 11. Número de granos por unidad de superficie promedio de cuatro grupos de madurez y cinco fechas de siembra en cultivos de soja sembrados en dos localidades del departamento San Justo durante la campaña 2010-11.....	32
Figura 12. Relación entre el número de granos por unidad de superficie y el peso de granos discriminados por GM (A, C) y fecha de siembra (B, D) en sojas sembradas en dos localidades del Este de Córdoba, Luxardo (panel superior, A y B) y Freyre (panel inferior, C y D).....	33
Figura 13. Número de vainas por planta promedio de los cuatro grupos de madurez en cada fecha de siembra en cultivos de soja sembrados en dos localidades del departamento San Justo durante la campaña 2010-11.....	34
Figura 14. Altura de planta promedio de cuatro grupos de madurez en cinco fechas de siembra en cultivos de soja, sembrados en dos localidades del departamento San Justo durante la campaña 2010-11.....	34
Figura 15. Altura de planta promedio en Luxardo y Freyre en cultivos de soja sembrados en cinco fechas de siembra (FS).....	35

LISTA DE SIGLAS O ABREVIATURAS

ALTPL: Altura de planta.

cm³/ha: centímetros cúbicos por hectárea

Coop. Agric. y Gan. Freyre Ltda: Cooperativa Agrícola y Ganadera Freyre Limitada.

DM: Don Mario (Empresa Semillera).

FR: Freyre.

FS: Fecha de siembra.

GM: Grupo de madurez.

INPOFOS: Instituto de la Potasa y el Fosforo.

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

LOC: Localidad.

LT: La Tijereta.

LUX: Luxardo.

NG: Número de granos por metro cuadrado.

NNUD: Número de nudos.

NVAI: Número de vainas por planta.

PG: peso de grano.

RTO: Rendimiento.

SAGPyA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos.

RESUMEN

Uno de los pilares más importantes para obtener buenos rendimientos en el cultivo de soja es combinar los grupos de madurez (GM) con fechas de siembra (FS) que permitan ubicar las etapas críticas en momentos de alta calidad ambiental en términos de adecuada radiación solar, temperatura y condición hídrica. El objetivo del trabajo fue determinar la respuesta del rendimiento de diferentes grupos de madurez de soja ante la modificación de la fecha de siembra.

El ensayo se realizó durante la campaña 2010-2011 en dos localidades de la zona este de la provincia de Córdoba (Luxardo y Freyre), y consistió en la siembra de genotipos de GM IV, V, VI y VII en cinco fechas de siembra (octubre a diciembre). Se utilizó un diseño de parcelas sub-sub-divididas con tres repeticiones. La parcela principal fue la localidad y la fecha de siembra y el GM fueron la sub y sub-parcela respectivamente. Se evaluaron variables morfológicas descriptoras del crecimiento (altura y número de nudos), el rendimiento en grano y sus componentes; número de vainas, de granos (NG) y peso individual de granos (PG).

Para todas las variables analizadas, tanto los factores principales como las interacciones entre ellos fueron significativas por lo que tanto el ambiente, como la selección del GM y la fecha de siembra deben ser tenidos en cuenta simultáneamente para maximizar los rendimientos alcanzables. Los ambientes difirieron en calidad (Luxardo>Freyre), principalmente en términos de agua útil en suelo a la siembra. En Luxardo, los GM IV y V fueron superiores a los demás, mientras que en Freyre (con mayores restricciones ambientales), los GM V y VI fueron los mejor adaptados. En términos medios, los GM V exhibieron altos rendimientos en ambos ambientes, aspecto que los convierte en una buena elección cuando la calidad ambiental destinada a la siembra es incierta. Los grupos de madurez VII, por el contrario siempre exhibieron menores rendimientos en ambos ambientes, particularmente en fechas más tardías. El número de granos fue el componente de rendimiento que explicó prioritariamente la variación del rendimiento a través de tratamientos. El PG en el GM VII explicó adicionalmente el rendimiento y siempre fue el más bajo entre las distintas combinaciones GM*FS.

Palabras clave: soja, grupo de madurez, fecha de siembra, interacciones.

ABSTRACT

The most important pillars for obtaining high yields in soybean is to adequately combine maturity groups (GM) and planting dates (FS) in order to establish the critical period for yield determination during moments of high environmental quality in terms of solar radiation, temperature and moisture conditions. The objective of this work was to determine the yield response of different soybean maturity groups grown under different planting dates.

The trial was conducted during the 2010-2011 season at two locations in the eastern of the province of Córdoba (Luxardo and Freyre), and consisted of planting genotypes maturity groups IV, V, VI and VII on five sowing dates (October to December). A Split-split-plot design with three replications was used. The main plot was the site and the planting date maturity group were the sub and sub-subplot. Morphometric variables descriptive of growth (plant height and number of nodes), grain yield and its components, number of pods per plant and grain number per unit area and individual grain weight were determined.

For most of the variables, both main factors (locations, maturity group and sowing date) and their interactions were significant, indicating that GM selection and planting date should be considered simultaneously to maximize attainable yields. Environments differed in quality (Luxardo > Freyre), mainly in terms of available soil water at planting. In Luxardo, GM IV and V were superior to others, while at Freyre (with higher environmental restrictions), GM V and VI were the best adapted. On average, GM V exhibited high yields in both environments, and so, genotypes within this GM seem to be a good choice when environmental quality for sowing is unknown. Maturity group VII always exhibited the lowest yields in both environments particularly at later dates. Grain number was the yield component that primarily explained grain yield variation across treatments. PG in GM VII also explained yield variation and was lowest among the different GM*FS combinations.

Keywords: soybean, maturity group, planting date, factors interactions.

1. INTRODUCCIÓN

La soja cultivada [*Glycine max* (L.) Merr] es nativa del este asiático, probablemente originaria del norte y centro de China. Hacia el año 3000 antes de Cristo, los chinos ya consideraban a la soja como una de las cinco semillas sagradas. Su producción estuvo localizada en esa zona hasta después de la guerra chino-japonesa (1894-1895), época en que los japoneses comenzaron a importar tortas de aceite de soja para usarlas como fertilizante.

La historia moderna de la soja en la Argentina comienza en 1956, cuando el Ing. Agr. Ramón Agrasar funda la empresa Agrosoja con el propósito de impulsar este cultivo. Hasta esa fecha, la soja era una curiosidad botánica en el país, introducida en diversas colecciones desde 1910 y produciéndose como hortaliza en Misiones y en Santa Fe desde los años 30 (Martínez, 2010). Actualmente, el cultivo de soja ocupa una amplia zona ecológica que se extiende desde los 23° (en el extremo norte del país) a los 39° de latitud sur (si bien en estos últimos años se expandió la frontera de siembra), concentrándose principalmente en la Región Pampeana, con cerca del 94% de la superficie sembrada y el 95% de la producción total del país. Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires representan las provincias de dicha región con mayor producción por área sembrada (59% del total país) y magnitud de rendimientos (SIIA, 2011). El área sembrada aumentó a su máxima tasa a partir de la campaña 1996/97, cuando se liberaron los primeros materiales de soja transgénica tolerantes a glifosato (RG), situación que facilitó la expansión de este cultivo (Figura 1).

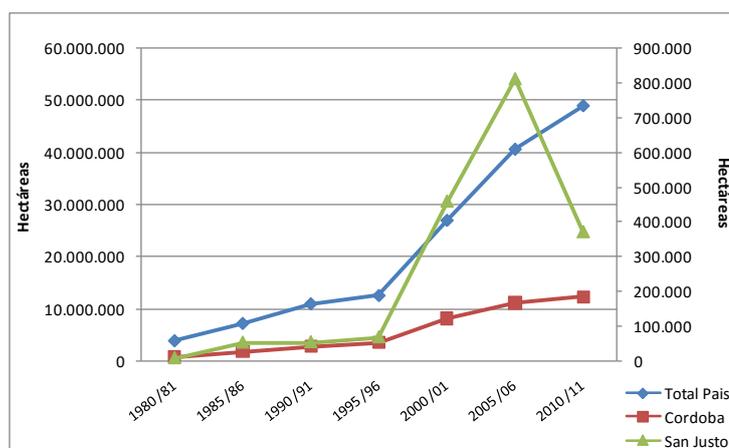


Figura 1. Evolución de la superficie sembrada con soja en Argentina, provincia de Córdoba y departamento San Justo. Fuente: Sistema Integrado de Información Agropecuaria. 2011.

A su vez, los rendimientos de este cultivo fueron incrementándose con la incorporación de herramientas tecnológicas como la siembra directa y el ingreso al mercado de variedades mejoradas y resistentes a glifosato (Centeno, 2006). En la Tabla 1 se puede observar la evolución de los rendimientos en cuatro campañas diferentes en el departamento San Justo.

Tabla 1. Evolución de los rendimientos de soja en el Departamento San Justo, Córdoba

Años	1979/1980	1989/1990	1999/2000	2010/2011
Rendimiento (kg/ha)	1600	1900	2750	2660

Fuente: SAGPyA 2011. Agencia Zonal San Francisco

Hasta hace unos años, la zona este de Córdoba se caracterizó por el uso predominante de cultivares de los grupos de madurez VI y VII. Actualmente, la disponibilidad de grupos de madurez medios (IV y V) y la inclusión de la indeterminación en estos cultivares ofrece opciones de manejo de cambio varietal que se fueron incorporando en la mayoría de la región. Sin embargo, estudios que hayan evaluado la adaptación de estos grupos de madurez son escasos.

Por otro lado, el crecimiento, desarrollo y rendimiento de la soja son el resultado del potencial genético varietal interactuando con el medio ambiente. A medida que el ambiente cambia, también lo hace el desarrollo y la respuesta productiva del cultivo. La elección de la fecha de siembra (FS) y el grupo de madurez (GM), es la decisión de manejo más importante que debe tomar el productor al implantar su cultivo de soja. Juntos determinan el tamaño final de la planta -un indicador de desarrollo y crecimiento- y la ubicación temporal del período crítico para la definición del rendimiento, que en soja acontece durante la etapa de generación de vainas y el crecimiento temprano de las semillas (Sadras *et al.*, 2000) entre los estados R4 y R6 (Fehr y Caviness, 1977). La temperatura y el fotoperíodo, como procesos reguladores del desarrollo, determinan también el momento de ocurrencia y la duración de esta etapa (Sadras *et al.*, 2000).

En la zona núcleo, la soja se siembra tradicionalmente durante el mes de noviembre, buscando ubicar el período R4-R6 en el mes de febrero, históricamente un mes más lluvioso que su predecesor.

Sin embargo, en los últimos años se ha observado una tendencia a adelantar la siembra hacia el mes de octubre, de la mano de un régimen hídrico más favorable durante los meses del verano. Esto reúne varias ventajas: por un lado, permite aumentar la capacidad operativa de la maquinaria al ampliar el período de siembra y cosecha, por otro lado, mejora las condiciones ambientales durante la etapa crítica ya que ésta transcurre en condiciones de días más largos y de mayor radiación solar. Esos aspectos aumentan el rendimiento potencial del cultivo (Kantolic *et al.*, 2003) y permite anticipar la cosecha, condición muy favorable durante otoños húmedos. Cultivos de soja implantados en octubre presentan, respecto de una siembra de noviembre, menor biomasa total y altura de sus plantas (Baigorri, 2000, 2002), aunque esto no debería afectar su rendimiento potencial mientras se logren niveles aceptables de cobertura durante el período R4-R6.

El atraso en la fecha de siembra a partir de mediados de noviembre produce disminuciones importantes en los rendimientos. Esto se debe a la menor radiación interceptada total como consecuencia del acortamiento de la etapa reproductiva y el fotoperíodo más corto al que está expuesto el cultivo cuando la siembra se retrasa (Andrade y Cirilo, 2000). El resultado es una menor producción de biomasa total, y menor altura, número de nudos y vainas por planta. Adicionalmente, las temperaturas durante la etapa final del llenado de los granos suelen ser lo suficientemente bajas como para afectar la eficiencia de este proceso (Egli y Wardlaw, 1980), dando como resultado una reducción en el peso de las semillas (Andrade, 1995).

Como fuera expresado, fechas tempranas o tardías en soja producen plantas más pequeñas y menores niveles de cobertura. Esto puede ser equilibrado mediante la correcta elección del grupo de maduración y el espaciamiento entre hileras de siembra.

Por todo lo expresado anteriormente, la elección del grupo de madurez y la fecha de siembra son de vital importancia a la hora de decidir la planificación de la siembra del cultivo de soja para lograr potencial sin perder estabilidad.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En el cultivo de soja transcurren diferentes estados de desarrollo, que es importante conocer, porque posibilita una adecuada elección de cultivares y la aplicación de las prácticas de manejo más convenientes para cada ambiente.

En la Figura 2, se esquematizan el desarrollo general y la duración de las etapas de crecimiento vegetativo, floración, desarrollo de vainas y el llenado de los granos, dentro del estadio reproductivo del cultivo de soja (INPOFOS, 2002).

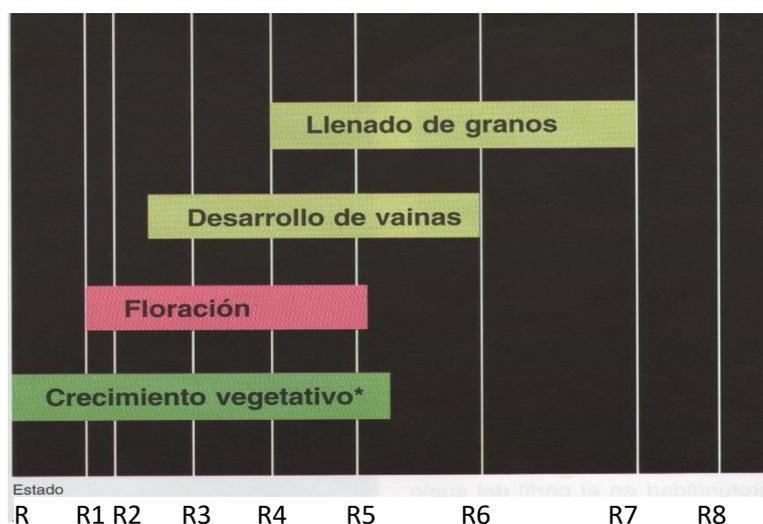


Figura 2. Desarrollo y duración del crecimiento vegetativo, floración, desarrollo de vainas y llenado de granos (Fehr y Caviness, 1977). *En altura de planta y desarrollo de nudos.

Es importante ubicar la etapa crítica en la época del año en donde se detecta la mayor oferta radiativa para cada ambiente, temperaturas óptimas y buena humedad. El conocimiento de la ubicación temporal del período crítico de determinación del rendimiento en los diferentes grupos de madurez es un aspecto relevante, debido a que el ambiente de producción durante esta etapa, condiciona la tasa de crecimiento del cultivo, la cual determina el número de granos por superficie, componente principal del rendimiento (Egli, 2005).

Sin tener como limitantes el contenido de agua en el suelo y nutrientes, los principales factores que tienen implicancia en el rendimiento son la temperatura y la radiación solar.

La temperatura es el factor de mayor implicancia en los cultivos, puesto que regula la duración de las etapas en forma inversa. Esto es, a mayor temperatura menor duración de las etapas fenológicas con consecuentes reducciones en la captura de radiación solar. A medida que se atrasa la fecha de siembra desde primavera al verano, el cultivo está expuesto a temperaturas más altas, lo cual acorta la duración de las fases, particularmente en grupos con menor sensibilidad fotoperiódica, como los GM cortos. Menor duración de etapas vegetativas impactan negativamente en la generación de sitios reproductivos, como número de nudos y ramificaciones, con la consiguiente disminución del rendimiento (Figura 3).

La radiación solar es el otro factor importante en la generación de los componentes de rendimiento, puesto que la misma tiene relación directa con la generación de biomasa entre las etapas de R2 a R5 y por ende, está relacionada con el rendimiento (Vega y Andrade, 2000; Vega y Salas, 2012). La radiación desciende a partir del 1° de enero, por eso al sembrar en fechas de siembra más tardías el periodo comprendido entre R2 y R5 se sitúa en días con menor aporte de radiación en simultáneo con altas temperaturas. Se puede decir entonces que, a medida que disminuye la radiación solar interceptada por menor disponibilidad de radiación y por acortamiento de fases disminuye el rendimiento (Figura 3). Las sojas con menor porte (dentro de un mismo grupo de madurez) y las sojas de grupos de madurez más cortos se ven más perjudicadas ya que en ellas, el acortamiento de fases es más pronunciado que en los largos. Los efectos de la temperatura y la radiación se tornan más importantes a medida que la fecha de siembra se aleja de los óptimos, que generalmente están concentrados alrededor de los meses de octubre y noviembre en la pampa húmeda y semiárida.

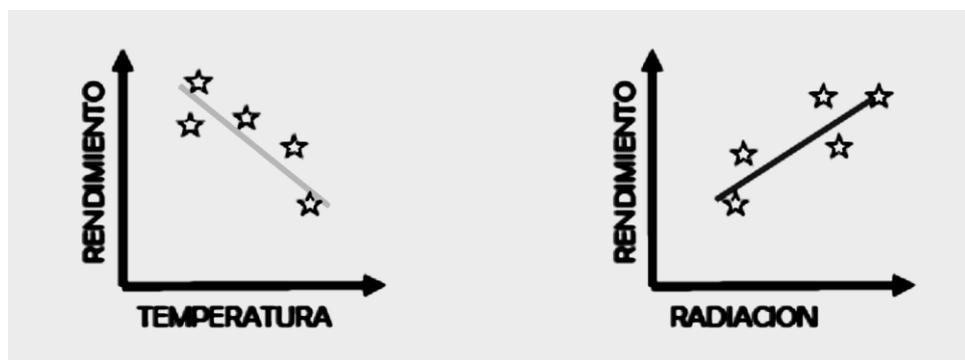


Figura 3. Factores que influyen en el rendimiento. Fuente: Apuntes Especialización en Cultivos Extensivos. Módulo Ecofisiología Vegetal. UNC-INTA

Existe una sólida base experimental que demuestra que el número de granos está relacionado con la fotosíntesis neta del cultivo entre floración y mediados de llenado de granos (R1-R6, según la escala de Fehr y Caviness, 1977), siendo particularmente críticos los estadios comprendidos entre R4 y R5 (Kantolic *et al.*, 2003). Por lo tanto, modificaciones en el nivel de recursos (radiación, agua y nutrientes) disponibles durante el período crítico o en la capacidad de las plantas para capturarlos y utilizarlos, afectarán el número de granos y consecuentemente el rendimiento.

Dentro del rango de fechas considerado óptimo, el adelantamiento de la fecha de siembra (FS) incrementa la longitud del ciclo total (días de emergencia a madurez) de los cultivares, con independencia de su grupo de madurez (GM) y hábito de crecimiento (HC); a mayor GM, mayor es este incremento. En fechas tempranas de siembra, las etapas críticas de fijación de vainas y de llenado de granos ocurren en periodos con mayor radiación solar y temperaturas óptimas que se traducen en mayores rendimientos, siempre y cuando las condiciones hídricas no sean limitantes (Figura 4). A su vez, en las fechas de siembra muy tardías (fines del mes de diciembre en adelante), los cultivares de GM más altos acortan proporcionalmente más su ciclo que otros GM más cortos (Fuentes, 2005, 2006).

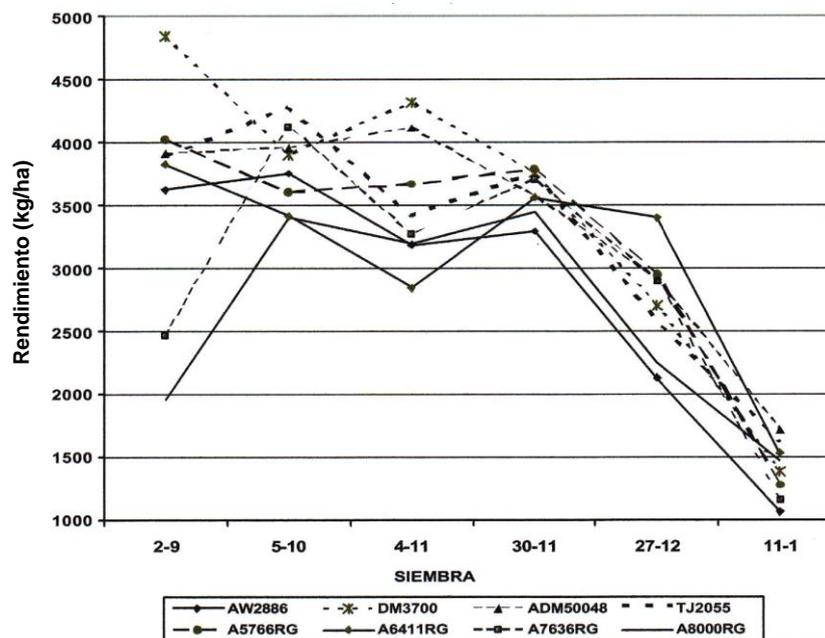


Figura 4. Rendimiento en relación a la fecha de siembra para seis grupos de madurez realizados en la EEA INTA Marcos Juárez (Fuentes, 2005).

Asimismo, la ubicación del llenado de granos en ambientes de alta calidad permite una óptima acumulación de materia seca y translocación de C y N a las semillas en rápido desarrollo. El período de rápida y constante acumulación de peso seco de las semillas, continúa hasta poco después de R6.5; durante este período se acumula aproximadamente el 80% del peso seco de la semilla. Durante el llenado de granos, la demanda de agua y nutrientes es alta ya que las semillas acumulan la mitad del nitrógeno, fósforo y potasio por redistribución de partes vegetativas de la planta y por absorción del suelo y la actividad de los nódulos (INPOFOS, 2002). En fechas tempranas, la duración del llenado de granos también es mayor, lo cual resulta en más radiación solar acumulada y por ende, en mayor rendimiento y calidad. Cuando la combinación del grupo de madurez y la FS resulta en ambientes pobres para el llenado de granos, es esperable que tanto el número como el peso disminuyan. Entre varias especies, el PG en soja muestra mayor respuesta ante cambios en la calidad ambiental ya que ésta es un fuerte determinante del funcionamiento de la fuente de asimilados (Andrade y Cirilo, 2000; Borrás *et al.*, 2004).

Sin embargo, cuando el cultivo de soja se realiza en secano y en fechas muy tempranas, las probabilidades de estar expuesto a estrés hídrico durante los meses de diciembre y enero son mayores. Por lo que, ubicar la fecha de siembra en un momento óptimo implica no solo tener en cuenta el momento de máxima oferta radiativa sino también las probabilidades de estrés hídrico, especialmente cuando éstas ocurren en combinación con estrés térmico. Se conoce que cuando la etapa crítica de fijación de vainas ocurre con ambos tipos de estreses, el número de granos, su peso y el rendimiento tienden a ser significativamente afectados (Molino *et al.*, 2012). En consecuencia, hacer coincidir el período crítico del cultivo con las mejores condiciones ambientales posibles de una cierta localidad permite minimizar las brechas entre los rendimientos alcanzables y reales. Prácticas de manejo tales como elección de los grupos de madurez y hábito de crecimiento de los cultivares en combinación con la fecha de siembra, espaciamiento, densidad de siembra constituyen la estrategia de bajo costo para lograr dichos objetivos.

3. HIPÓTESIS

En soja, no existe una fecha de siembra única que maximice el rendimiento debido a la existencia de interacciones con el grupo de madurez y la calidad ambiental.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

- Analizar la respuesta agronómica y productiva de diferentes grupos de madurez (GM) de soja a la modificación de la fecha de siembra (FS) en dos ambientes de distinta calidad en términos de agua disponible en el este de la provincia de Córdoba.

4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la fecha de siembra óptima que permita expresar el mayor potencial productivo para cada grupo de madurez en diferentes ambientes.
- Evaluar cuál componente de rendimiento (NG o PG) explica las variaciones de rendimiento a través de variaciones en la FS.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Descripción de sitios y tratamientos

Durante la campaña 2010-2011, un experimento fue sembrado en dos localidades a 15 y 35 kilómetros al norte de la ciudad de San Francisco, en la región subhúmeda del país. Las principales características del mismo se describen en la Tabla 2.

Tabla 2. Características generales de dos campos de productores en dos localidades del este de Córdoba donde se evaluaron tratamientos de fecha de siembra y cultivares de soja.

Características	LUXARDO	FREYRE
Ubicación geográfica	31°16' LS, 62°09' LW	31°07' LS, 62°05' LW
Altitud (msnm)	11	107
Productor	Monzoni	Coop. Ag. y G. Freyre Ltda.
Tipo de suelo	Clase IIc	Clase III ws
Cultivo Antecesor	Maíz	Soja
Fechas de siembra	12/10 – 28/10 - 17/11 - 07/12 - 28/12	

Los tratamientos consistieron en la combinación factorial de cinco fechas de siembra y cuatro grupos de madurez (Tabla 3). Los grupos de madurez evaluados fueron: IV, V, VI, VII, y las variedades usadas de cada grupo se describen en la Tabla 3.

Tabla 3. Grupo de madurez (GM) y variedades de soja sembradas en dos localidades del este de la provincia de Córdoba durante la campaña 2010-2011.

GM	VARIEDAD
IV	DM 4670
	DM 4970
V	DM 5,1i
	DM 5,9i
VI	DM 6,2i
VII	TJ 2171

Se utilizó un diseño en parcelas subdivididas con 3 repeticiones, considerando a FS como parcela principal y a la variedad/GM como la sub-parcela. Cada unidad experimental constó de 3 hileras de 30 metros de largo separadas a 0,52 m entre sí.

5.2. Manejo de los cultivos

Se realizaron tres aplicaciones de glifosato; la primera en período de barbecho a razón de 2,5 litros por hectárea con el agregado de 150 cm³/ha de dicamba y de 6 gr/ha de metsulfurón. La segunda aplicación fue previa a la siembra y consistió en 2 litros por hectárea de glifosato más 500 cm³/ha de 2,4 D sal amina. La tercera aplicación se hizo antes de que el cultivo cierre el surco con 2,5 litros por hectárea de glifosato. Se realizaron dos aplicaciones de insecticidas, la primera en el período vegetativo del cultivo para el control de isocas (150 cm³/ha de lambdacialotrina) y la última en el período reproductivo (200 cm³/ha de Tiametoxan + Lambdacialotrina) para el control de isocas y chinches.

5.3. Variables relevadas

Agua útil inicial: al momento de la siembra de cada fecha evaluada, se midió el agua útil acumulada hasta los 1,5 metros de profundidad. Las muestras se extrajeron con barreno helicoidal y se secaron en estufa a 100 °C hasta peso constante. Con los resultados obtenidos se construyeron regresiones para determinar su asociación con el rendimiento.

Morfometría: tres plantas al azar de cada parcela fueron cosechadas en madurez fisiológica para determinar altura de planta (ALTPL), número de nudos (NNUD) y número de vainas (NVAI).

Rendimiento en grano y sus componentes: las parcelas fueron cosechadas en forma manual, tomando 9 m del surco central. Las muestras se trillaron con una trilladora estática. Tres submuestras de 500 semillas cada una fueron tomadas para determinar el peso de mil semillas y el componente número de granos por unidad de superficie.

Datos climáticos: las precipitaciones se obtuvieron de pluviómetros instalados en los establecimientos en los cuales se realizó la experimentación.

5.4. Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza para valorar los efectos de los tratamientos. Se utilizó análisis de modelos lineales mixtos, considerando como factores fijos a la localidad, fecha de siembra y grupo de madurez. La repetición fue considerada como efecto aleatorio.

Las medias de tratamientos fueron comparadas por el test de Fisher con un nivel de significancia $p < 0,05$. Para los grupos IV y V, en los cuales participaban 2 variedades, se optó por analizar el promedio de los dos genotipos puesto que no se observaron diferencias significativas entre ellos. El análisis estadístico se realizó con el programa estadístico (Di Rienzo *et al.*, 2013).

6. RESULTADOS

6.1. Caracterización ambiental de las localidades de estudio

En la Figura 5, se comparan las precipitaciones de los ambientes/localidades evaluados. Durante la campaña considerada, las precipitaciones mensuales durante el período octubre a diciembre y el mes de marzo fueron inferiores a las históricas de los últimos diez años (menores en 20% en la localidad de Luxardo y 10% en la localidad de Freyre; Figura 5). Sin embargo, las precipitaciones durante los meses de enero y febrero superaron a los registros históricos. Evaluando las precipitaciones acumuladas, la localidad de Freyre superó a Luxardo en 92 milímetros.

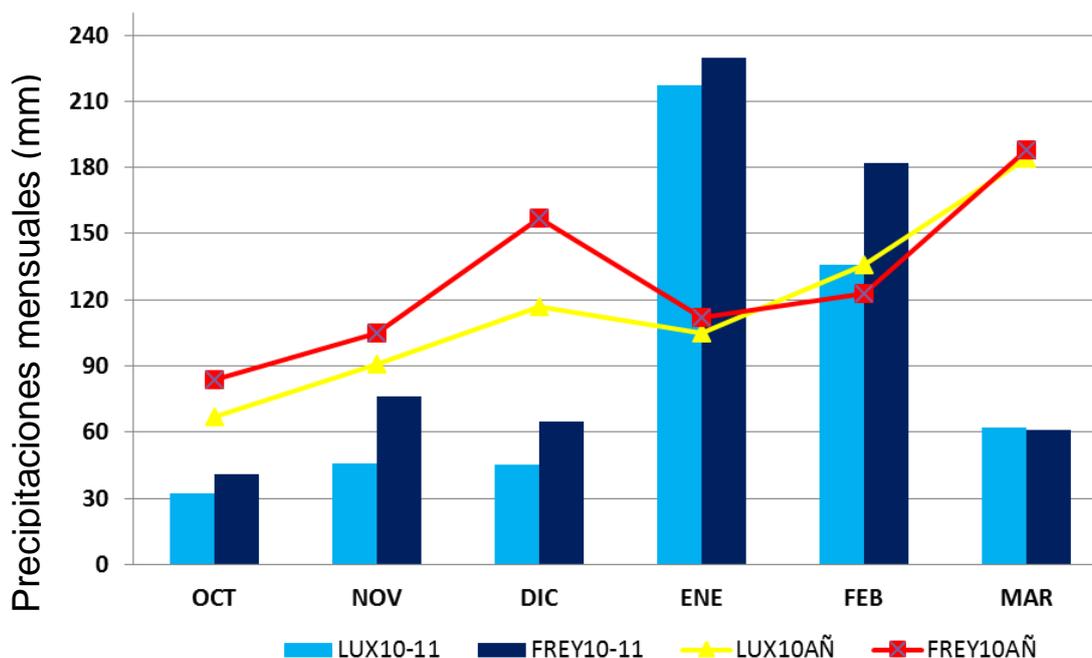


Figura 5. Precipitaciones mensuales (milímetros mensuales durante el ciclo del cultivo 2010-2011) en dos localidades del este de Córdoba. La serie temporal de los últimos 10 años se presenta como referencia.

En la Figura 6, se puede observar el agua útil (AU) en el suelo en cada fecha de siembra. Los suelos en los que se realizó la experiencia son franco limosos y tienen una capacidad de AU estimada de 300 mm hasta los dos metros de profundidad (Cortés, datos no publicados). La localidad de Luxardo presentó los mayores contenidos de agua inicial

en todas las fechas de siembra, con valores de agua útil entre 216 y 298 mm. En la localidad de Freyre, el AU osciló entre 128 y 247 mm. La diferencia de AU a favor de Luxardo respecto de Freyre puede deberse a que aquel presenta un suelo de mejor aptitud (clase II) y Freyre un suelo clase III. El otro factor importante podría ser el antecesor sobre el que se sembró la experiencia, ya que las variedades de soja sembradas en la localidad de Luxardo procedieron de maíz de primera y en la localidad de Freyre de soja de primera. El maíz de primera se cosecha los últimos días de febrero y la soja de primera los últimos días de abril, con lo cual el antecesor maíz presenta un lapso de tiempo superior (45 y 60 días) para acumular agua en el perfil.

Con los valores de agua útil y el rendimiento promedio obtenido en cada fecha de siembra se realizó un análisis de regresión encontrándose valores de R^2 de 0.002 ($y: 0.17x+3592$) para la localidad de Freyre y de 0.42 ($y: 8.9x+2093$) para la localidad de Luxardo.

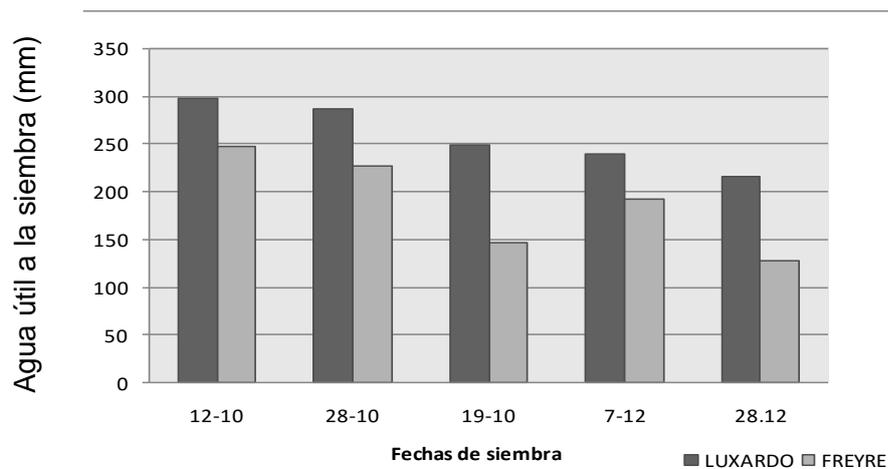


Figura 6. Agua útil acumulada a 1,5 metros de profundidad en cada fecha de siembra y localidad.

6.2. Efectos de cambios en la fecha de siembra sobre el crecimiento y rendimiento

La menor variabilidad del rendimiento entre GM (Figura 7) fue observada en la quinta fecha de siembra en el ambiente de Luxardo, aunque en esta fecha también se obtuvieron los menores rendimientos. Por el contrario, en el ambiente de Freyre, una baja variabilidad en los rendimientos fue observada a partir de la tercera fecha de siembra.

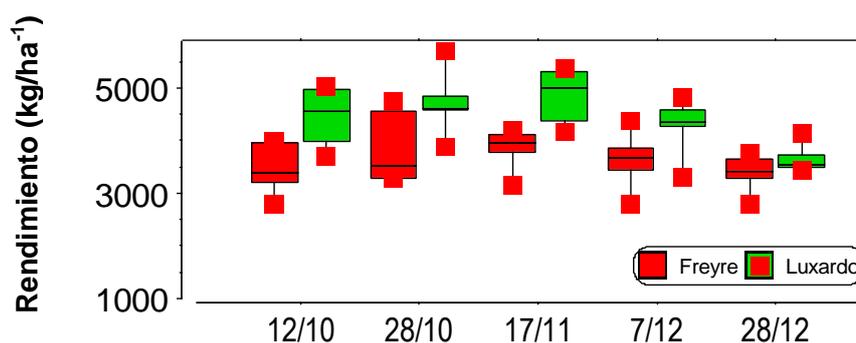


Figura 7. Variabilidad del rendimiento en grano de distintos genotipos sembrados en fechas de octubre a diciembre en la localidad de Luxardo y Freyre, Córdoba.

Luxardo exhibió rendimientos promedios cercanos a los 4400 kg/ha, superando a Freyre en un 21% en promedio (Tabla 4). Sin embargo, existió una muy fuerte interacción para la variable rendimiento en grano entre los factores de manejo FS*GM y LOC*GM indicando comportamiento diferencial entre los distintos GM (Tabla 4). Es de destacar que las interacciones FS*GM fueron más frecuentes que las LOC*GM.

Debido a las múltiples interacciones con localidad (Tabla 4), éstas se analizaron de forma separada para profundizar las interacciones entre FS y GM (Figuras 8 y 9).

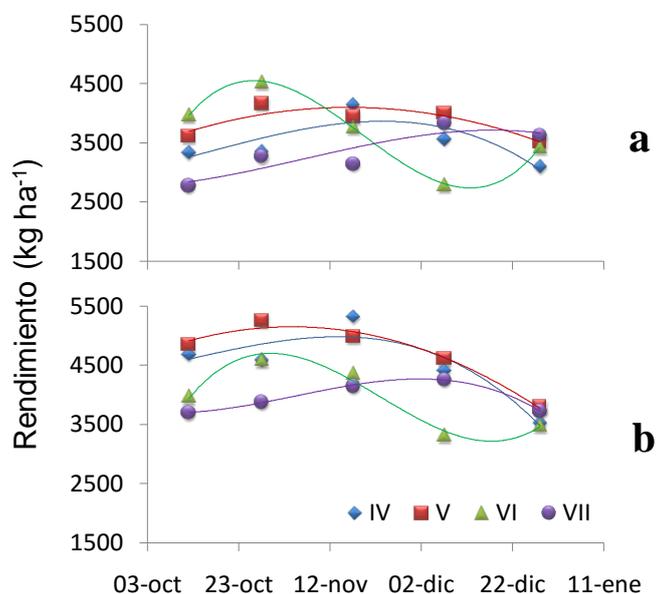


Figura 8. Rendimiento en grano de distintos genotipos sembrados en fechas de siembra desde octubre a diciembre en las localidades de Freyre (a) y Luxardo (b), en el departamento San Justo, provincia de Córdoba.

Tabla 4. Efecto de la fecha de siembra (FS) y el grupo de madurez (GM) sobre el rendimiento (RTO), peso de mil semillas (PG), número de granos (NG), altura de planta (ALTPL), número de nudos (NNUD) y número de vainas (NV) en genotipos de soja de grupos de madurez (GM) IV a VII sembrados en cinco fechas de siembra (FS), en las localidades (LOC) de Luxardo y Freyre, provincia de Córdoba. Las fechas 1 y 2 corresponden a octubre (12 y 28/10), la 3 a noviembre (17/11) y 4 y 5 a diciembre (07 y 28/12).

LOC	FS	GM	RTO (kg ha ⁻¹)	NG (m ⁻²)	PG (g)	ALTPL (cm)	NNUD	NV
Freyre	1	IV	3337	1957	171,7	53,3	16,5	50,3
		V	3618	2207	165,0	67,3	17,0	43,9
		VI	3973	2189	181,7	77,0	20,0	42,7
		VII	2781	2149	130,0	101,0	22,0	64,4
	2	IV	3352	1821	186,1	61,2	16,8	41,2
		V	4168	2244	189,8	79,0	19,7	46,8
		VI	4540	2167	211,0	93,7	20,7	40,3
		VII	3272	2292	144,2	108,0	24,0	55,9
	3	IV	4151	2343	177,9	74,8	17,5	40,7
		V	3946	2242	177,3	88,8	20,0	39,9
		VI	3771	1980	190,7	105,7	19,7	43,4
		VII	3154	2132	148,7	112,3	20,3	52,5
	4	IV	3567	2142	171,3	81,8	16,5	37,2
		V	4005	2531	159,4	100,3	19,5	40,8
		VI	2798	1663	168,7	114,3	18,7	37,1
		VII	3841	2720	141,2	81,0	17,7	58,9
	5	IV	3098	2052	150,4	86,5	16,0	36,0

		V	3518	2174	162,2	99,0	17,0	34,5	
		VI	3427	1762	195,5	102,3	16,3	31,0	
		VII	3632	2638	137,5	90,3	17,7	52,3	
Luxardo	1	IV	4692	2410	194,2	76,7	18,8	137,5	
		V	4854	2711	182,9	98,7	21,3	108,1	
		VI	3972	2174	184,3	111,3	23,0	112,2	
		2	VII	3706	2694	139,2	122,0	26,0	120,2
			IV	4604	2365	196,0	81,0	18,5	69,4
			V	5259	2785	191,5	101,2	21,7	86,6
		3	VI	4598	2517	182,7	117,3	20,7	65,8
			VII	3882	2755	142,7	131,0	25,3	105,4
			IV	5329	2896	184,2	92,8	18,5	47,3
		4	V	4995	2867	178,3	105,3	19,3	45,0
			VI	4364	2404	181,7	130,7	17,7	32,8
			VII	4155	3324	125,0	135,3	21,3	66,8
		5	IV	4417	2678	167,3	98,3	16,0	39,9
			V	4618	2599	178,3	108,5	19,5	41,4
			VI	3315	1772	187,0	125,3	18,3	35,1
		5	VII	4262	2875	149,0	103,7	17,3	65,0
			IV	3534	2270	156,3	87,3	15,2	41,3
			V	3794	2292	168,4	103,2	17,7	43,0
			VI	3486	1845	189,7	98,3	15,7	32,2
			VII	3731	2617	142,7	95,0	16,7	40,9

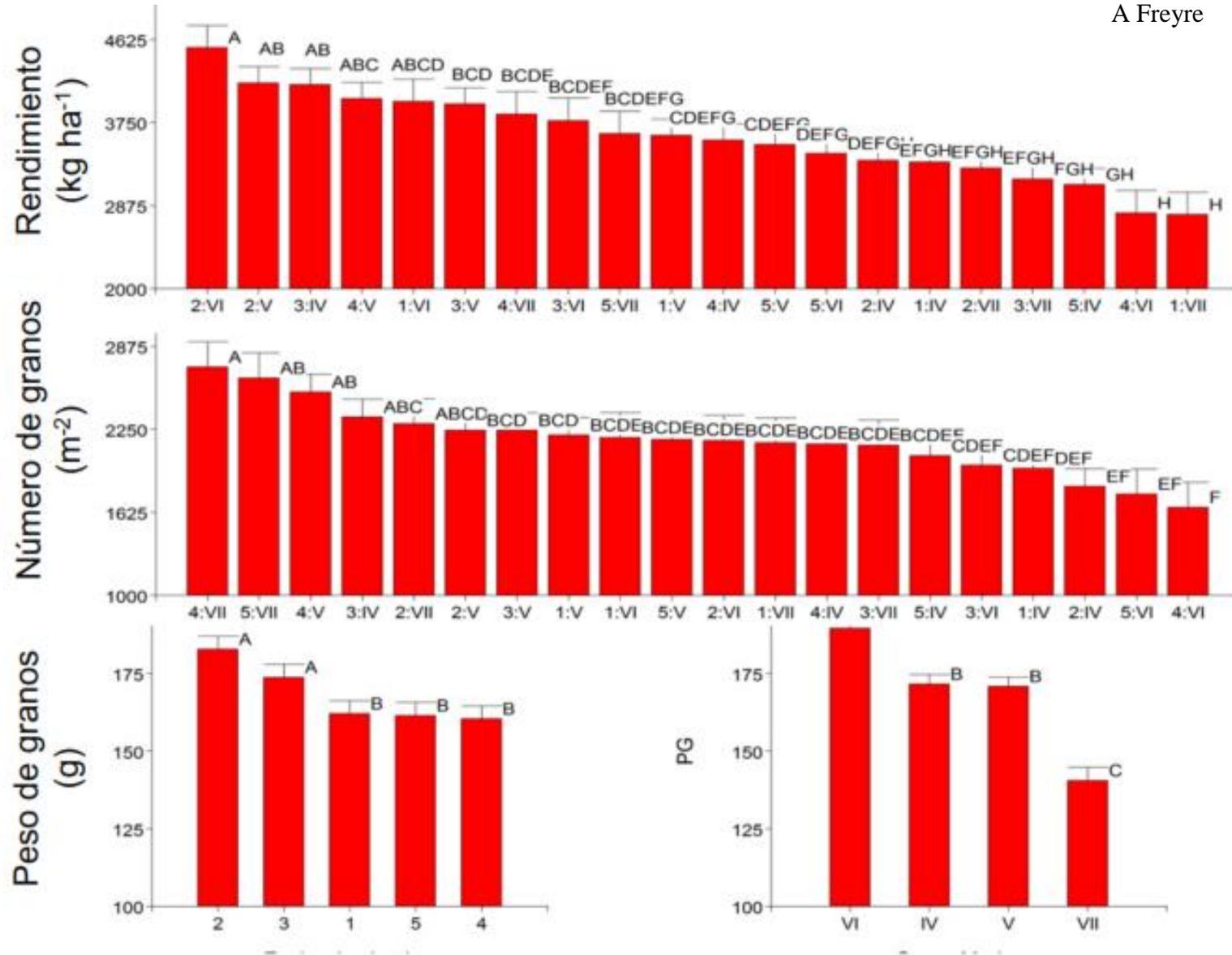
Tabla 4. Continuación

Promedios		RTO	NG	PG	ALTPL	NNUD	NV
		(kg ha ⁻¹)	(m ²)	(g)	(cm)		
Localidad	FRE	3624	2171	169,0	85,7	18,3	43,4
	LUX	4389	2557	174,0	102,5	19,2	66,5
FS	1	3953	2315	171,9	83,6	19,9	84,9
	2	4255	2347	183,9	91,2	20,3	63,0
	3	4357	2545	173,4	100,6	19,1	45,1
	4	3953	2411	166,5	100,2	17,9	42,9
	5	3514	2203	161,7	94,8	16,5	38,8
GM	IV	4008	2293	175,5	79,4	17,0	54,1
	V	4277	2465	175,3	95,1	19,3	53,0
	VI	3824	2047	187,3	107,6	19,1	47,3
	VII	3642	2620	140,0	108,0	20,8	68,2

	LOC	0.0231	0.0279	0.3041	0.016	0.2216	0.016
	FS	0,0002	0.0302	0.0105	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	GM	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
<i>p-valor*</i>	LOC*FS	<0.0649	0.0285	0.1468	<0,0001	0.0049	<0,0001
	LOC*GM	0.0022	0.3879	0.2251	0.5393	0.3678	0.5393
	FS*GM	<0,0001	0.0386	0.0387	0.1187	<0,0001	0.1187

* Las interacciones triples (FS*GM*LOC) no fueron significativas.

En ambas localidades, atrasos en la fecha de siembra implicaron disminución del rendimiento (Tabla 4, Figura 8 y 9) aunque interacciones con el GM permitieron visualizar que la disminución del rendimiento no fue similar entre genotipos (Figura 9). En promedio para todas las fechas de siembra, los GM que mejor rendimiento expresaron en las dos localidades fueron el V y VI (Tabla 4 y Figura 9).



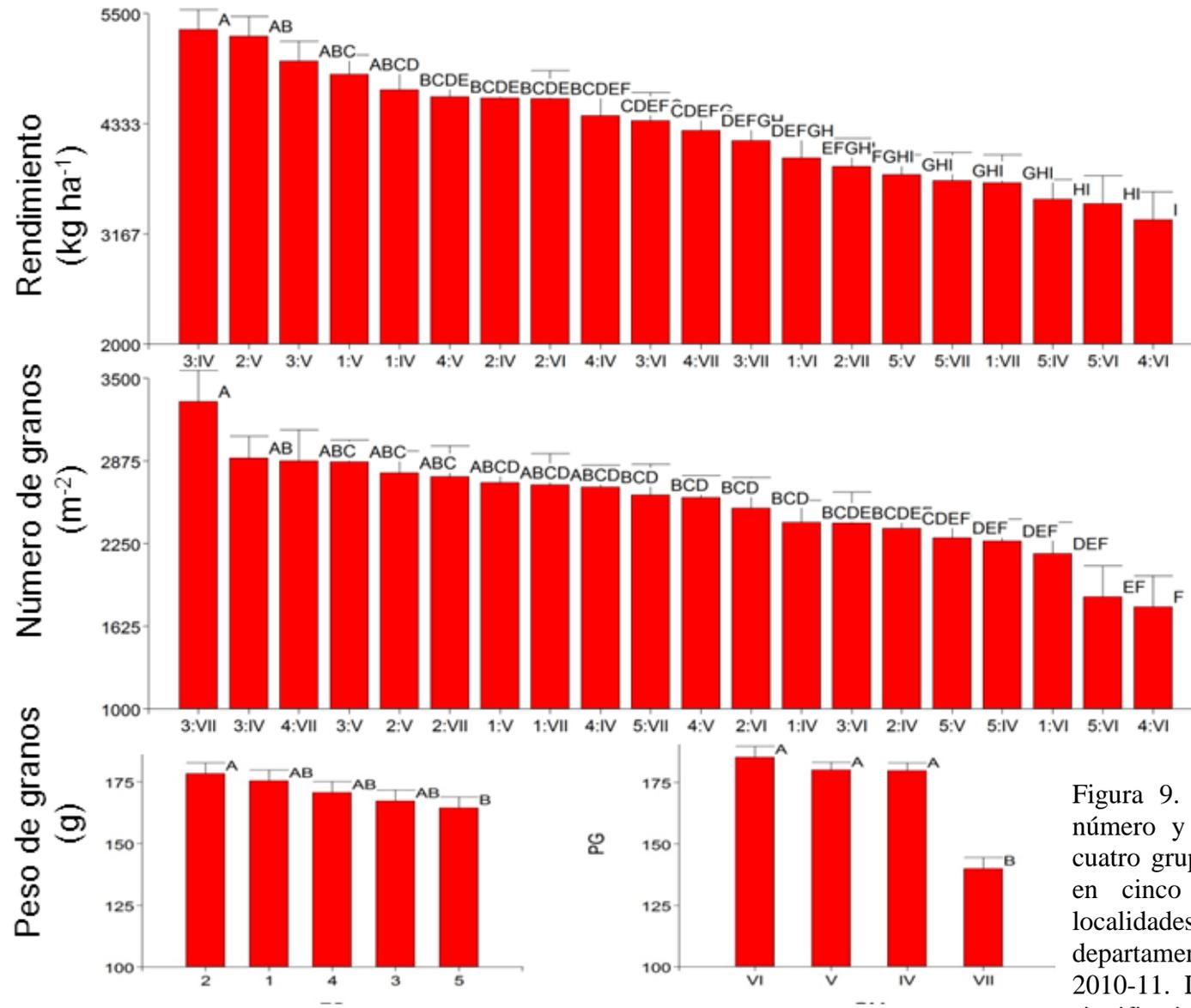


Figura 9. Rendimiento y sus componentes, número y peso de granos en genotipos de cuatro grupos de madurez de soja sembrados en cinco fechas de siembra y en dos localidades (A, Freyre y B, Luxardo) del departamento San Justo durante la campaña 2010-11. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

Los GM exhibieron distinto grado de adaptación según la FS. En Freyre, por ejemplo, en siembras de fines de octubre se destacaron los GM V y VI. A medida que la fecha de siembra fue atrasada hacia inicio de enero, las diferencias entre genotipos fueron menores (Figuras 8 y 9, Tabla 4). En Luxardo, por el contrario (interacciones significativas entre GM*Loc, Tabla 4), los grupos más cortos (GM IV y V) se destacaron en las fechas tempranas. Y en forma similar a Freyre, los GM no difirieron en su rendimiento en fechas tardías. El GM VII exhibió siempre un nivel de rendimiento inferior a los demás y relativamente estable en todas las fechas de siembra, aunque en Freyre, su mayor rendimiento ocurrió en FS más tardías (Tabla 4, Figuras 8, 9).

6.3. Variación de los componentes del rendimiento: número y peso de granos y número de vainas por planta

El número de granos y el peso de los granos son los dos componentes que definen el rendimiento en el cultivo de soja. En la Figura 10a y 10b, se observa la correlación de estas dos variables con el rendimiento, destacándose el número de granos por metro cuadrado (R^2 0,5336) respecto del peso de los granos (R^2 0,0862).

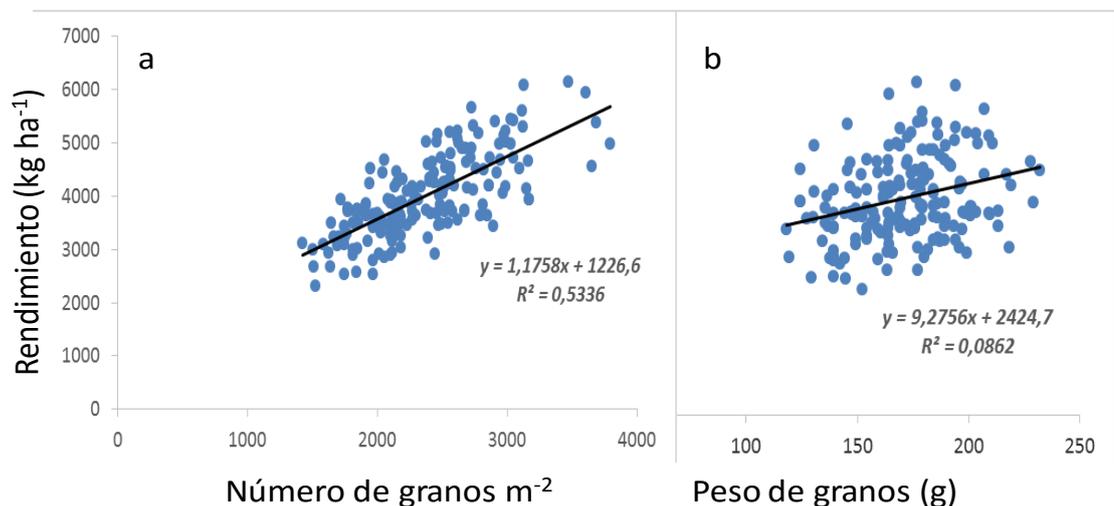


Figura 10. Relación entre el número de granos por unidad de superficie (a) y peso de los granos (b) y el rendimiento en grano de cuatro grupos de madurez y cinco fechas de siembra en cultivos de soja, sembrados en dos localidades del departamento San Justo. Solo en (a), la relación fue significativa ($p < 0.05$).

Puesto que el NG explicó las variaciones del rendimiento, todos los factores de manejo: FS, GM, Loc y sus interacciones afectaron a esta variable significativamente (Tabla 4, Figura 9). Sin embargo, es de destacar que las mayores diferencias entre GM fueron observadas en las fechas más tardías en el ambiente de Freyre (Figura 9). En esta localidad, el GM VII exhibió tendencia a fijar mayor NG que el resto de los grupos. Las localidades exhibieron diferencias en el patrón de fijación de granos a través de las fechas de siembra (Tabla 4 y Figura 9). Evaluando por localidad, Luxardo exhibió mayores valores en número de granos que en Freyre (Figuras 9 y 11). Por otro lado, mientras en Freyre, el NG promedio de todos los GM no varió entre FS, en Luxardo, los más altos NG fueron encontrados en la fecha de siembra de noviembre y los más bajos en la FS de enero.

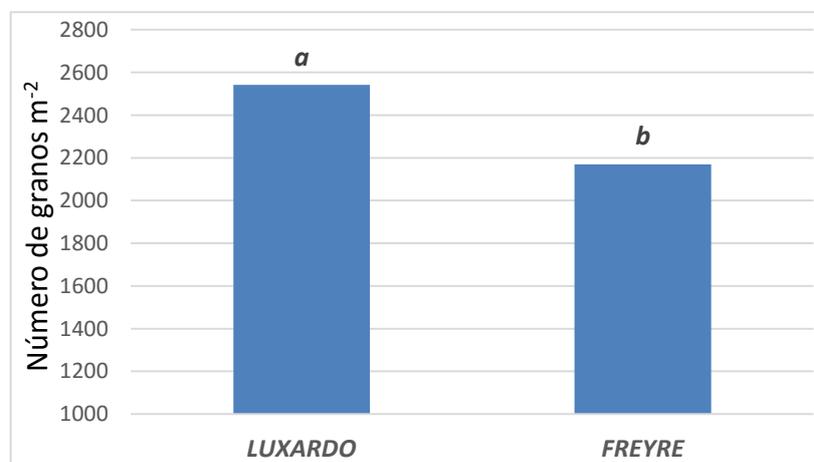


Figura 11. Número de granos por unidad de superficie promedio de cuatro grupos de madurez y cinco fechas de siembra en cultivos de soja sembrados en dos localidades del departamento San Justo durante la campaña 2010-11.

La variabilidad del rendimiento a través de diferentes ambientes y tratamientos no fue explicada por el PG (Figura 10). Sin embargo, este componente sí fue modulado fuertemente por la FS y el GM, sin interacción FS*GM cuando fue considerado dentro de cada localidad (Figura 9). El grupo más largo exhibió el menor PG en todas las FS en ambas localidades (Figura 9). Entre FS, las de octubre tendieron a exhibir mayores PG, aunque las diferencias fueron de mayor significancia en Freyre.

Considerando todos los casos, la asociación entre el peso de granos y el número fue negativa ($p=0.015$). Las asociaciones negativas fueron más significativas dentro de FS (Figura 12 B y D) que dentro de grupos de madurez (Figura 12 A y C). Teniendo en cuenta

las localidades, la relación negativa entre el NG y el PG fue más clara en el sitio de mayor calidad ambiental, Luxardo (Figura 12 B). La única excepción de relación positiva y significativa fue el caso del GM V en Luxardo (Figura 12, A).

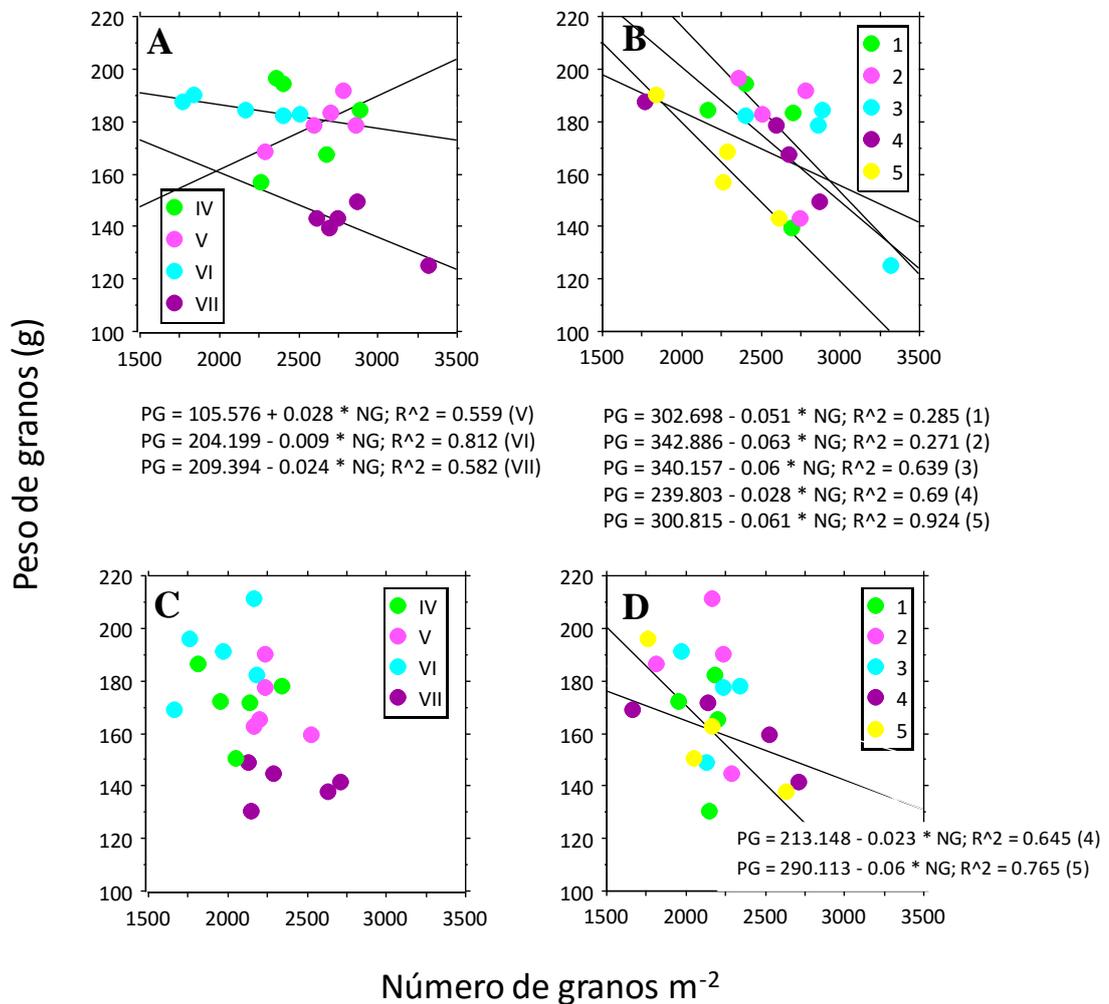


Figura 12. Relación entre el número de granos por unidad de superficie y el peso de granos discriminados por GM (A, C) y fecha de siembra (B, D) en sojas sembradas en dos localidades del Este de Córdoba, Luxardo (panel superior, A y B) y Freyre (panel inferior, C y D). Las líneas representan las asociaciones con significancia estadística ($p < 0.05$).

La variable NVAI mostró interacciones entre fuentes de variación, LOC*FS (Tabla 4; Figura 13). Luxardo exhibió los máximos en NVAI durante FS 1° y 2°, superando las 2000 vainas m⁻². En esta localidad, los GM IV y VII se destacaron en la primera fecha de siembra (Tabla 4). En Freyre, no se encontraron diferencias en número de vainas por planta (Figura 13, Tabla 4).

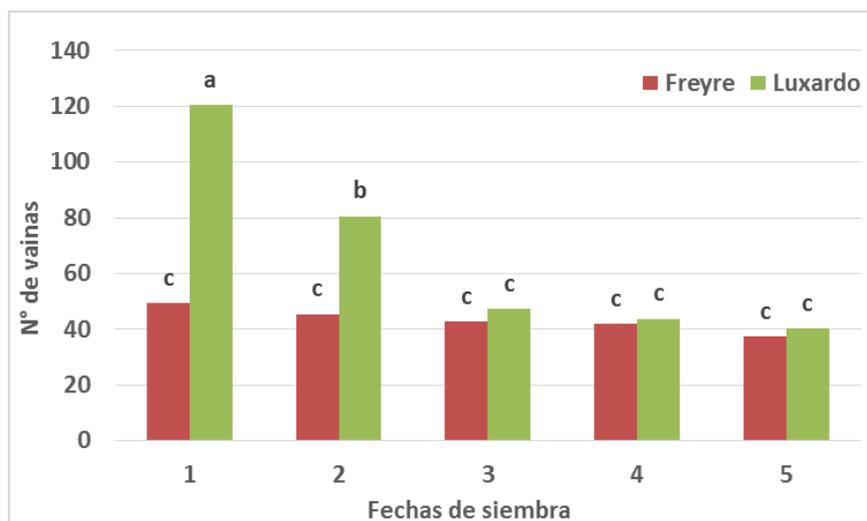


Figura 13. Número de vainas por planta promedio de los cuatro grupos de madurez en cada fecha de siembra en cultivos de soja sembrados en dos localidades del departamento San Justo durante la campaña 2010-11. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

6.4. Altura de planta y número de nudos por planta

La altura de planta y el número de nudos (NNUD) son indicadores del crecimiento de la planta de soja. En la Tabla 4, se aprecia que estas dos variables fueron modificadas por la fecha de siembra.

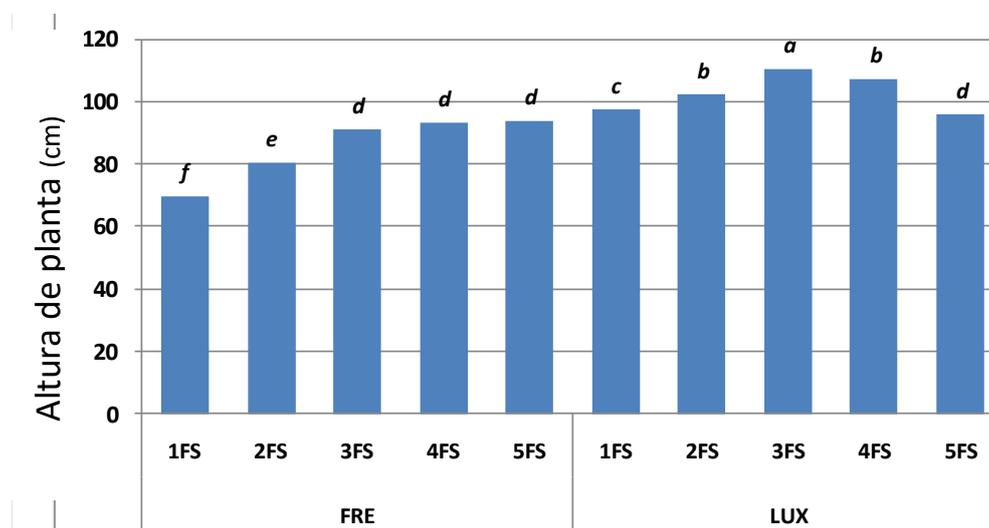


Figura 14. Altura de planta promedio de cuatro grupos de madurez en cinco fechas de siembra en cultivos de soja, sembrados en dos localidades del departamento San Justo durante la campaña 2010-11. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

La mayor ALTPL fue obtenida en Luxardo aunque el NNUD no difirió entre localidades. En Luxardo, la altura de planta fue mayor en la fecha de mediados de noviembre (FS 3; ALTPL \cong 115 cm) (Tabla 4, Figura 14) mientras que en Freyre, las alturas no superaron los 100 cm con máximos observados en las tres últimas fechas de siembra.

Considerando promedios de ambas localidades, los grupos de madurez VII y IV presentaron las mayores y menores alturas, respectivamente (Tabla 4, Figura 15).

En la variable nudos por planta, no se observaron efectos de localidades ni de la interacción LOC*GM (Tabla 4). Las diferencias en NNUD entre GM fueron más acentuadas en FS tempranas (FS*GM significativa; Tabla 4). Con el atraso de la FS, el NNUD se redujo hasta un 17% respecto a las FS tempranas siendo el GM VII el que exhibió las mayores disminuciones.

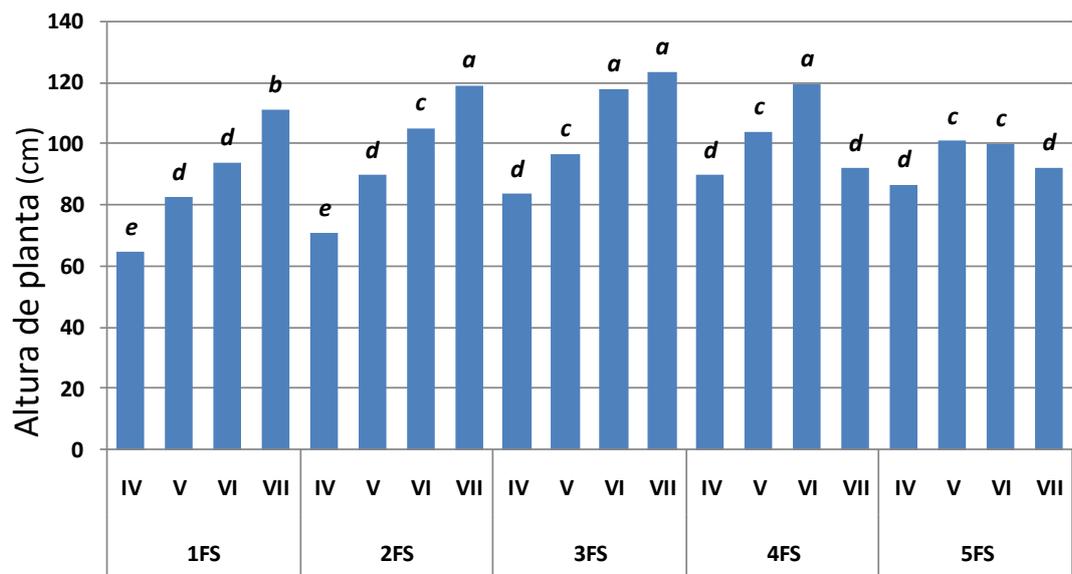


Figura 15. Altura de planta promedio en Luxardo y Freyre en cultivos de soja sembrados en cinco fechas de siembra (FS). Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

7. DISCUSIÓN

Este estudio demuestra que múltiples interacciones entre variables de manejo, como la localidad, fechas de siembra y grupos de madurez determinan el rendimiento y sus componentes. Por ello, el desarrollo local y regional de estrategias relacionando estas variables con el ambiente en el cual se quiera producir, son factores claves para lograr los máximos rendimientos. En este trabajo, se analizó la generación del rendimiento de sojas cultivadas en secano, sistemas de cierta fragilidad en términos de probabilidad de estrés hídrico o hídrico térmico. Durante la campaña de estudio, Luxardo fue la localidad que expresó los mayores rendimientos de grano debido a que presentó mayor disponibilidad de agua almacenada en suelo y disponible a la siembra, siendo la relación (R^2) entre las variables rendimiento y agua útil de 0.42. En esta localidad, el manejo conducente a los mayores rendimientos fue la combinación de fechas de siembra de fines de octubre y mediados de noviembre y genotipos del GM IV y V. A medida que se atrasó o se adelantó la FS respecto de noviembre, los rendimientos decrecieron coincidiendo con varios trabajos realizados por investigadores en la zona centro de Argentina como Villar y Cencig (2006, 2007, 2008 y 2009), Peltzer y Vicentini (2002) y Keller *et al.*, (2007, 2008, 2009 y 2010).

En la campaña evaluada, las diferencias de rendimiento para las FS de octubre y noviembre fueron menores a lo observado comúnmente en la región en experiencias zonales previas (Cortés y otros, datos no publicados), presumiblemente debido a las buenas condiciones hídricas principalmente durante enero, mes de máxima demanda ambiental. Es de destacar, sin embargo, que durante la campaña analizada, las precipitaciones del mes de enero duplicaron a los promedios de los últimos diez años.

FS tardías, combinadas con GM largos (VII) fueron las que mostraron los menores rendimientos, probablemente debido a que el periodo crítico para la generación de rendimiento de estos GM ocurrió con temperatura y radiación solar menores respecto a fechas tempranas. Asimismo, fotoperíodos más cortos explicarían adicionalmente la menor cantidad de nudos reproductivos, el número de vainas y de granos, en comparación con fechas de siembra más tempranas (Vega y Salas, 2012).

En Freyre, los atrasos de la fecha de siembra impactaron sobre el rendimiento en menor medida que en Luxardo, localidad que exhibió los rendimientos más altos alrededor del mes de noviembre, particularmente cuando el GM fue corto y mediano (IV y V).

El componente más afectado por los tratamientos fue el número de granos por unidad de superficie, y tuvo mayor impacto que el peso de granos en la definición del rendimiento. El menor PG fue siempre observado en el grupo más largo, independientemente del NG que éstos fijaran a través de FS. El número de vainas presentó una tendencia similar a la altura de planta, probablemente porque ésta última refleja el crecimiento de la planta, coincidiendo con lo expresado por Villar y Broda (2002), Fuentes (2005; 2006), Ferraris *et al.*, (2003) y Tronfi (2008), quienes aseveran que las fechas de siembra de mediados de noviembre son las que presentan los mayores valores y que a medida que se atrasa o adelanta desde noviembre la fecha de siembra disminuye la altura de planta, lo cual es más evidente en los grupos de madurez más cortos.

En lo referido a la variable número de nudos por planta, la localidad que mayores valores arrojó fue la de Luxardo. El mayor número de nudos en fechas de siembra de octubre, refleja efectos fotoperiódicos que alargan tanto la etapa vegetativa como reproductiva (Kantolic y Slafer, 2001) siendo estos efectos más importantes en los GM más largos, ya que son más responsivos a cambios en la duración de horas de luz. Es importante tener en cuenta que en años con buenas condiciones climáticas, los grupos de madurez más largos (VII) en fechas de siembra centrales u óptimas para esta región (noviembre) tienen riesgo de vuelco (que conlleva a dificultades en aplicaciones de fungicidas e insecticidas) sin mayor expectativa de rendimiento que los GM más cortos.

En base a los resultados obtenidos se puede aceptar la hipótesis planteada en este estudio. Por lo tanto, el máximo rendimiento será alcanzado cuando la combinación fecha de siembra y GM permita maximizar el número de granos y su peso, aspecto que dependerá de la calidad ambiental.

8. CONCLUSIONES

Se puede concluir que no es posible generalizar una única fecha de siembra óptima para todos los GM evaluados, y una única combinación FS*GM a través de localidades. Distintas combinaciones FS*GM resultaron en rendimientos similares con excepciones más acentuadas en las fechas más tardías. En FS tardías, el rendimiento disminuyó respecto a FS tempranas en mayor medida en el ambiente de mejor calidad.

En el ambiente de mejor calidad edafoclimática, los GM cortos a medios demostraron ser superiores. En la localidad con mayor restricción hídrica, se adaptaron mejor los GM medianos y largos (GM V y VI). El GM V demostró tener una buena adaptación a ambos ambientes en todas las FS y dicha estabilidad lo convierte en una buena elección cuando se desconoce la calidad ambiental.

El GM extremadamente largo (VII en este estudio) nunca mostró supremacía respecto a los otros. Por el contrario, en FS tempranas, el GM VII fue el de menor rendimiento. En ambas localidades, los grupos de madurez VII exhibieron el menor peso de granos, independientemente del número de granos, probablemente porque el periodo de llenado de granos está más restringido en términos de radiación incidente y temperatura.

Las principales conclusiones vertidas en este estudio son aplicables a la zona este de la provincia de Córdoba, y podrían extenderse a otras áreas agroecológicas que presenten las mismas condiciones.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, F.H. 1995. Analysis of growth and yield of maize sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. *Field Crops Research* 41: 1-12.
- Andrade F. y A. Cirilo. 2000. Fecha de siembra y rendimiento de los cultivos. En: Andrade F.H. y V.O. Sadras (Eds.). *Bases para el manejo del maíz, girasol y soja*. Unidad Integrada FCA-INTA Balcarce.
- Baigorri, H.E.J.; Croatto, D.R.M. 2000. Manejo del cultivo de la soja en Argentina. Marcos Juárez, Córdoba (AR): INTA - EEA Marcos Juárez - C.R. Córdoba. *Agro 7 de Córdoba*. Septiembre 2000, 96 p. ISSN: 0329-0077.
- Baigorri, H. 2002. Resultados de ensayos de la campaña 2000/01. Tomo 1. N° 69. Estación Experimental Agropecuaria INTA Marcos Juárez.
- Borrás, L., G.A. Slafer, and M.E. Otegui. 2004. Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Research* 86:131-146.
- Centeno, A. 2006. Principales cambios en los sistemas agrícolas en el Departamento San Justo, Córdoba. En: *Maiz - Soja 2006*. San Francisco, jueves 17 de agosto de 2006 - Sociedad Rural, p. 8-9.
- Fehr, W. y C. Caviness. 1977. Stages of soybeans development. Special Report 80, Cooperative Extension Service, Agriculture and Home Economics Exp. Stn Iowa State University, Ames, Iowa. 11:929-931.
- Egli, D.B. y I.F. Wardlaw. 1980. Temperature response of seed growth characteristics of soybean. *Agron. J.* 72: 560-564.
- Egli, D. 2005. Flowering, Pod Set and Reproductive success in soya bean. *J. Agronomy & Crop Science* 191, 283-291.
- Ferraris, G., N. González y A. Rivoltella. 2003. Evaluación de fechas de siembra, grupos de maduración y espaciamientos entre hileras en Soja de primera en siembra directa. *Revista de Tecnología Agropecuaria, EEA INTA Pergamino*, VIII (24): 20-24.

- Fuentes, F. 2005. Crecimiento y desarrollo de cultivares de soja de grupos de madurez II al VIII, en diferentes fechas de siembra en Marcos Juárez durante la campaña 2004/05. EEA INTA Marcos Juárez.
- Fuentes, F. 2006. Efecto de épocas de siembra y grupos de madurez de soja sobre variables de crecimiento y desarrollo en la Región Pampeana Norte. Cuadernillo de Soja. Actualización 2006. Proyecto Regional – Producción Agrícola Sustentable. Estación Experimental Agropecuaria INTA Marcos Juárez.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- INPOFOS. 2002. Instituto de la Potasa y el Fosforo. Cómo se desarrolla una planta de soja. Reporte especial N° 53. Universidad de Ciencia y tecnología. Serv. Coop. de Extensión. Ames, Iowa.
- INTA – Secretaría de Agricultura y Ganadería de la Nación. 1998. Hoja 3163-29. San Francisco. Serie Carta de Suelos de la República Argentina.
- Kantolic, A.G y G. A. Slafer. 2001. Photoperiod sensitivity after flowering and seed number determination in indeterminate soybean cultivars. Field Crops Res. 72, 109-118.
- Kantolic, A.; P. Giménez y E. de la Fuente. 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en soja. En: Cap. 9, p. 166-195, Producción de Cultivos de Granos. Bases funcionales para su manejo.
- Keller, O; Fontanetto, H y G. Cavallero. 2007. Fechas de siembra, Grupos de madurez y espaciamientos en soja. Campaña 2006/07. Rafaela, Santa Fe, 2006/07. En información técnica de cultivos de verano. Publ. Misc. N° 108. INTA EEA Rafaela.pag. 58-61.
- Keller, O; Fontanetto, H y G. Cavallero. 2008. Fechas de siembra, Grupos de madurez y espaciamientos en soja. Campaña 2007/08. Rafaela, Santa Fe, 2007/08. En información técnica de cultivos de verano. Publ. Misc. N° 108. INTA EEA Rafaela.pag. 77-79.

- Keller, O; Fontanetto, H y G. Cavallero. 2009. Fechas de siembra, Grupos de madurez y espaciamientos en soja. Campaña 2008/09. Rafaela, Santa Fe, 2008/09. En informacion técnica de cultivos de verano. Campaña. Publ. Misc. N° 108. INTA EEA Rafaela.pag. 96-98.
- Keller, O; Fontanetto, H y G. Cavallero. 2010. Fechas de siembra, Grupos de madurez y espaciamientos en soja. Campaña 2009/10. Rafaela, Santa Fe, 2009/10. En informacion técnica de cultivos de verano. Publ. Misc. N° 108. INTA EEA Rafaela.pag. 77-82.
- Martínez, F. 2010. Crónica de la soja en la región pampeana argentina. En Para mejorar la producción 45. E.E.A. INTA Oliveros.
- Molino, J., C.R.C. Vega, and A. Kantolic. 2012. Efecto de breves episodios de estrés sobre el rinde, producción y fijación de vainas y la compensación entre componentes del rendimiento de soja, pp. 41, In SAFV, (ed.) XXIX Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. SAFV, Mar del Plata, AR.
- Peltzer, H. F. y R. Vicentini. 2002. Desarrollo y crecimiento de cultivares de GM II al IX con fechas de siembra de septiembre a enero en Paraná, Entre Ríos. Campaña 2000/01. Manejo del cultivo de soja en Argentina. INTA EEA Marcos Juárez – Córdoba. pp. 53 a 59.
- Sadras V.O., Ferreriro M., Gutheim F. y A.G. Kantolic. 2000. Desarrollo fenológico y su respuesta a temperatura y fotoperíodo. Capítulo 2. En: F.H. Andrade y V.O. Sadras (ed.). Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Editorial Médica Panamericana S.A. Balcarce. p 29 a 60.
- SAGPyA. 2011. Cuadernillo Estimaciones Agrícolas. Informe semanal del 10 de junio de 2011. Ministerio de Economía y Producción de la Nación.
- SIIA 2011. Sistema de Información Agropecuaria. 2011. Ministerio de Economía y Producción de la Nación. <http://www.sii.gov.ar>
- Tronfi, E. 2008. Red Tester de Soja, Campaña 2007/08. Editorial Aceitera General Deheza. 145 p.

- Vega, C.R. y F.H. Andrade. 2000. Densidad de plantas y espaciamento entre hileras. Pp 97-133. Bases para el manejo del maíz, girasol y la soja. EEA INTA Balcarce-Facultad de Ciencias Agrarias UNMP.
- Vega, C. R. C. and G. Salas. 2012. Bases para el manejo del cultivo de soja. El cultivo de soja en Argentina. Héctor E.J. Baigorri (*In memoriam*) and L. R. Salado Navarro. Vicente López, AR, Agroeditorial: 147-162.
- Villar, J.L y R. Broda. 2002. Desarrollo y crecimiento de cultivares de GM III al VIII con FS de septiembre a enero. Rafaela, Santa Fe, 2001/02. En Manejo del cultivo de la soja en Argentina. Actualizaciones. 2002. EEA Marcos Juárez. Pág. 34-37.
- Villar, J.L. y G. Cencig. 2006. Cultivares de soja pertenecientes a diferentes grupos de madurez en cuatro fechas de siembra. Rafaela, Santa Fe, 2005/06. En informacion técnica de cultivos de verano. Campaña 2006. Publ. Misc. N° 106. INTA EEA Rafaela. Pág. 30-38.
- Villar, J.L. y G. Cencig. 2007. Cultivares de soja pertenecientes a diferentes grupos de madurez en cuatro fechas de siembra. Rafaela, Santa Fe, 2006/07. En informacion técnica de cultivos de verano. Campaña 2007. Publ. Misc. N° 108. INTA EEA Rafaela.pag. 62-70.
- Villar, J.L. y G. Cencig. 2008. Cultivares de soja pertenecientes a diferentes grupos de madurez en cuatro fechas de siembra. Rafaela, Santa Fe, 2008/09. En informacion técnica de cultivos de verano. Campaña 2009. Publ. Misc. N° 111. INTA EEA Rafaela.pag. 80-85.
- Villar, J.L. y G. Cencig. 2009. Cultivares de soja pertenecientes a diferentes grupos de madurez en cuatro fechas de siembra. Rafaela, Santa Fe, 2008/09. En informacion técnica de cultivos de verano. Campaña 2009. Publ. Misc. N° 114. INTA EEA Rafaela.pag. 90-95.