



Munich Personal RePEc Archive

Performance Evaluation of soybean cultivars at different planting dates

Herrera Gómez, Marcos and Escudero, Sandra

Universidad Nacional de San Luis (Argentina)

2007

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/35268/>
MPRA Paper No. 35268, posted 08 Dec 2011 17:31 UTC

EVALUACION DEL RENDIMIENTO DE CULTIVARES DE SOJA EN DIFERENTES FECHAS DE SIEMBRA

HERRERA GOMEZ, MARCOS¹; ESCUDERO, ANGELICA SANDRA²

^{1,2}*Departamento Ciencias Agropecuarias, F.I.C.E.S., Universidad Nacional de San Luís*

mherreragomez@gmail.com

escudero@fices.unsl.edu.ar

RESUMEN

En el presente trabajo se pretende evaluar el rendimiento de cultivares de soja en diferentes ambientes o fechas de siembra. La variable de interés fue rendimiento de materia seca por hectárea de dichos cultivares con distintos grupos de madurez. Para tal fin, se consideraron ensayos bajo riego, durante las diferentes campañas agrícolas llevadas a cabo en el Campo Experimental de la Universidad Nacional de San Luís (UNSL). En este análisis se seleccionaron cinco de doce cultivares sembrados en 6 fechas de siembra diferentes, todo ello realizado bajo un diseño experimental de bloques al azar en parcelas divididas con 3 repeticiones, con fecha de siembra como factor principal y cultivar como subfactor. Se compararon dos técnicas estadísticas de uso frecuente para estos datos: Análisis de Varianza (Anova) y Regresión múltiple. Se evidenciaron diferencias y similitudes en las mismas. El análisis de regresión incluye la identificación de agrupamientos y permite corregir las estimaciones por tal dependencia.

Palabras clave: ***análisis de varianza, regresión múltiple, agrupamientos (clusters).***



INTRODUCCION

El cultivo de soja en la provincia de San Luís tuvo un comportamiento diferente respecto a la incorporación acelerada en otras regiones del país. Salvo contadas excepciones, las primeras experiencias realizadas con este cultivo, a nivel de lotes de producción, arrojaron resultados negativos (Galvani, 1979). Este fracaso inicial fue atribuido a factores ecológicos (climáticos), al desconocimiento del manejo del cultivo y a la incorrecta elección de las variedades (Galvani, 1979; Giorda *et al.*, 1997; Martínez  lvarez *et al.*, 2003).

En el período 1980-1997, la producción provincial de soja fue poco importante. A partir de la campaña 1997/98 comienza un sostenido crecimiento de la superficie sembrada, coincidente con la difusión de los cultivares tolerantes a glifosato, que hicieron su aparición a nivel nacional en la campaña 1996/97. Otros factores que contribuyeron a la reciente expansión del cultivo son: la difusión de la siembra directa, la incorporación de nuevas tierras a la agricultura, la recuperación productiva de lotes enmalezados (con alepo y/o gram n), y la difusión de modernas tecnologías de riego por aspersión. En los últimos años, también contribuyó el mejor precio de la soja con respecto a otros cultivos tradicionales de la zona, como maíz y girasol.

Por los motivos anteriormente mencionados, la provincia de San Luís, incrementó la superficie sembrada con soja de 2.000 ha en la campaña 1997/98, a unas 42.000 ha en la campaña 2002/03 (Martínez  lvarez y Bongiovanni, 2003).

La importancia adquirida de la soja dentro de la provincia generó la formulación del proyecto "Manejo ecofisiológico del cultivo de soja en San Luís. Mejoramiento genético de la calidad del grano", que desde sus principios se dividió en dos líneas particulares de investigación:

Línea A: Estudio de la ecofisiología y manejo de cultivo de soja en la región central y oriental de la provincia de San Luís.

Línea B: Desarrollo y selección de germoplasma de soja con alto contenido de aceite adaptado a la región oriental de la provincia de San Luís.

Para la Línea B se busca obtener germoplasma de soja no transgénico con propiedades genéticas de calidad diferencial mejorada, trabajando mancomunadamente con organismos oficiales como lo son el INTA y la Universidad Nacional de San Luís.

El presente trabajo se encuadra dentro de la Línea A. En esta línea, se han llevado a cabo estudios sobre calidad industrial del cultivo de soja bajo riego en Villa Mercedes (San Luís), especialmente con relación a la variación en el contenido de aceite y proteína de cultivares de diferentes grupos de maduración, en función de la fecha de

XII Reunión Científica del GAB y I Encuentro Argentino-Chileno de Biometría

siembra. Ellos han determinado que la fecha de siembra o ambiente es la variable que mejor resume la variación del contenido de aceite como porcentaje sobre materia seca, porque implica cambios tanto de radiación solar como de temperatura, y que además las fechas de siembra tempranas (Octubre y Noviembre) son las que permiten alcanzar los mayores contenidos de aceite por unidad de área. También se determinó que el efecto de la interacción fecha de siembra x cultivar son significativas.

La evaluación de los ambientes, en sus ofertas de recursos y sus restricciones, determina límites al rendimiento de cada cultivo. Durante su ciclo ontogénico, en la medida en que se asegure la máxima coincidencia entre la demanda de recursos y la oferta ambiental de los mismos, con la mínima probabilidad de ocurrencia de estreses severos en los períodos más críticos, será posible obtener máximos rendimientos para un ambiente determinado.

Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta, es el conocimiento acerca de los períodos críticos para el cultivo, en los que se define su rendimiento en grano. La elección de prácticas de manejo, como así también las decisiones acerca de fechas de siembra, densidad, cultivar elegido, permitirán aprovechar la plasticidad de esta oleaginosa y ubicar sus períodos críticos en el mejor ambiente posible.

Se sabe que el desarrollo del cultivo es la sucesión progresiva de cambios fisiológicos y morfológicos que van dando lugar a los distintos estados de las plantas. Se identifican así, las fases de desarrollo y los estados fenológicos que constituyen instancias de separación entre las mismas. El desarrollo se encuentra bajo control genético y es modelado, en mayor o menor medida, por los factores del ambiente.

Los principales factores ambientales que controlan la duración de las fases son la temperatura (en todas las fases), el fotoperíodo (en algunas de ellas) y la humedad relativa. La importancia de cada factor varía según la fase que se considere, el ambiente en el que crece el cultivo y el genotipo.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el rendimiento de materia seca por hectárea de los diferentes cultivares de soja, identificando su comportamiento. Las técnicas estadísticas que se aplicaron fueron: Análisis de Varianza (Anova) para un diseño en parcelas divididas y Análisis de regresión con determinación de clusters.

El trabajo se divide en tres partes. La primera desarrolla los materiales y métodos aplicados. La segunda parte muestra los resultados de las técnicas estadísticas aplicadas. Por último, la conclusión destaca las similitudes y diferencias en los resultados.

XII Reunión Científica del GAB y I Encuentro Argentino-Chileno de Biometría

MATERIALES Y METODOS

Se llevaron a cabo en el Campo Experimental de la Universidad Nacional de San Luís, sito en la localidad de Villa Mercedes (33° 43' latitud S, 65° 29' longitud W, 555 m s.n.m.), ensayos de soja correspondientes a dos campañas agrícolas (2000/01 y 2001/02), sin limitaciones hídricas, nutricionales ni sanitarias, con cinco cultivares: DM2800 - A3901 - DM4800 - A5409 - A5901, sembrados en tres fechas de siembra o ambientes de cada campaña.

Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas. El factor principal fue ambiente y el subfactor el cultivar, con tres repeticiones. La unidad experimental fue una parcela de 4 surcos de 6 m de largo, espaciados a 0,70 m entre si.

Los datos de climáticos fueron suministrados por la Estación Agrometeorol gica de la EEA INTA San Luís.

El rendimiento del cultivo de soja fue medido como materia seca por hectárea. La materia seca por hectárea se obtiene a partir de un proceso de secado de la biomasa obtenida. La proporción de la materia seca acumulada por el cultivo que se cosecha en los granos es lo que se llama índice de cosecha.

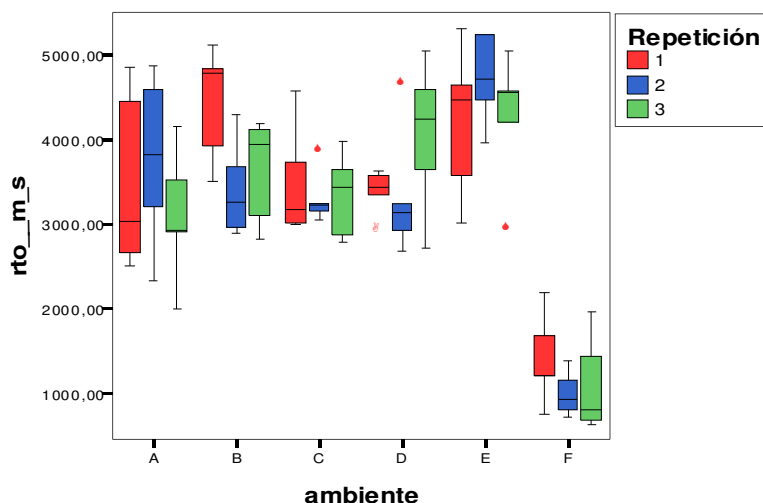
De los ensayos experimentales se obtuvo una base de datos con 90 observaciones, distribuidas en 6 ambientes. Esta base se construyó de tal forma que no existiesen datos faltantes. La descripción estadística se presenta en el Cuadro N  1.

Cuadro N  1: Rendimiento de M. S/ha por Cultivar y Ambiente en cada Repetic n

Repetic�n	1	2	3	Repetic�n	1	2	3		
Amb. Cultivar	Media	Media	Media	Amb. Cultivar	Media	Media	Media		
A	A3901	4454,06	3831,24	2928,43	D	A3901	3342,69	3136,99	4242,65
	A5409	3039,85	4874,04	3531,25		A5409	2905,57	3239,84	4591,20
	A5901	4856,90	3214,13	2902,71		A5901	3625,53	4654,05	5065,46
	DM2800	2668,44	2325,60	1994,19		DM2800	3574,11	2931,28	2714,15
	DM4800	2505,59	4602,63	4168,36		DM4800	3445,54	2674,15	3651,25
B	A3901	4842,62	3254,12	3105,56	E	A3901	5322,59	5245,45	4576,91
	A5409	4791,19	4305,50	3951,23		A5409	3574,11	5245,45	4216,93
	A5901	3514,11	2897,00	2819,86		A5901	4474,06	4731,19	4565,49
	DM2800	3936,95	3682,67	4116,94		DM2800	3008,42	3959,80	2919,85
	DM4800	5134,03	2968,42	4196,93		DM4800	4654,05	4474,06	5054,03
C	A3901	4579,77	3856,95	3642,68	F	A3901	2185,60	1157,08	1954,19
	A5409	2999,85	3236,98	2882,71		A5409	1208,51	719,96	797,10
	A5901	3168,41	3059,85	2788,43		A5901	745,68	925,67	682,82
	DM2800	3014,14	3225,55	3436,97		DM2800	1671,34	797,10	1428,50
	DM4800	3736,96	3159,84	3985,51		DM4800	1208,51	1388,50	631,40

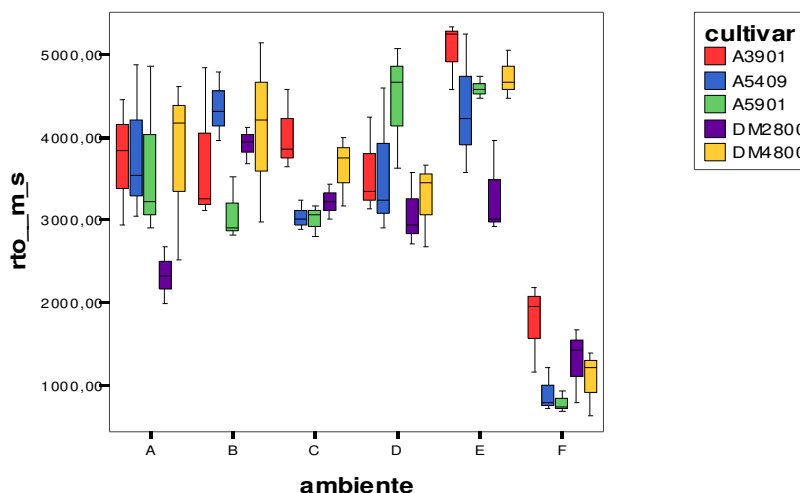
Del Cuadro N  1 se puede observar un bajo rendimiento de todos los cultivares en el Ambiente F. Esto se debe a la fecha de siembra tardía, realizada en el mes de enero, poco propicia para esta oleaginosa. Lo anterior se puede visualizar más claramente en el Gráfico N  1.

Gráfico N° 1-A: Box Plot Rendimiento de Mat. Seca por Ambiente y Repetición



En el Gráfico N° 1-A, se muestra el comportamiento del rendimiento de materia seca/ha de mismos cultivares en las tres grandes parcelas o repeticiones que se realizaron en el ensayo experimental. Como se observa el ambiente E fue el que mejor respondió en las tres repeticiones. En el Gráfico 1-B, se presenta una información similar, pero distinguiéndose en este caso el comportamiento de los cultivares.

Gráfico N° 1-B: Box Plot Rendimiento de Mat. Seca por Ambiente y Cultivar



Si se agrupan los ambientes por campaña en: Campaña 00/01, A-B-C y Campaña 01/02, D-E-F, la segunda fecha de siembra presenta mejor rendimiento que las demás para ambas campañas. (Gráfico N° 2)

En la Campaña 00/01 las fechas de siembra y cosecha fueron las siguientes:

- Ambiente A 18 de Octubre a 14 de Abril.
- Ambiente B 29 de Noviembre a 25 de Abril.
- Ambiente C 19 de Diciembre a 30 de Abril.

XII Reunión Científica del GAB y I Encuentro Argentino-Chileno de Biometría

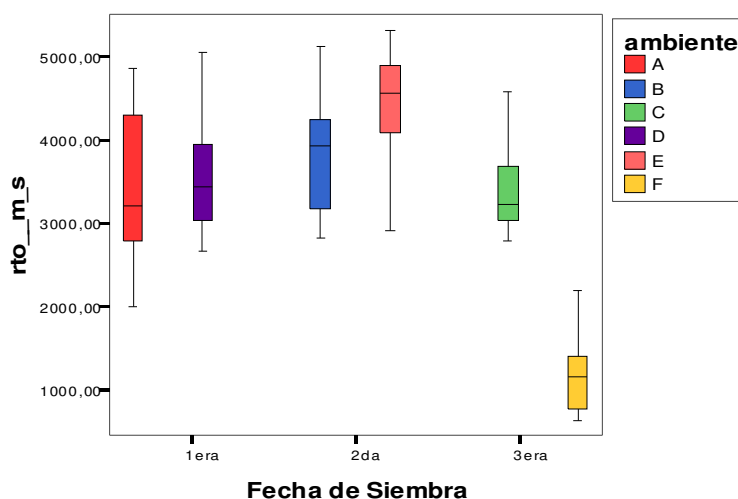
En la Campaña 01/02 las fechas de siembra y cosecha fueron las siguientes:

Ambiente D 23 de Octubre a 22 de Abril.

Ambiente E 27 de Noviembre a 04 de Mayo.

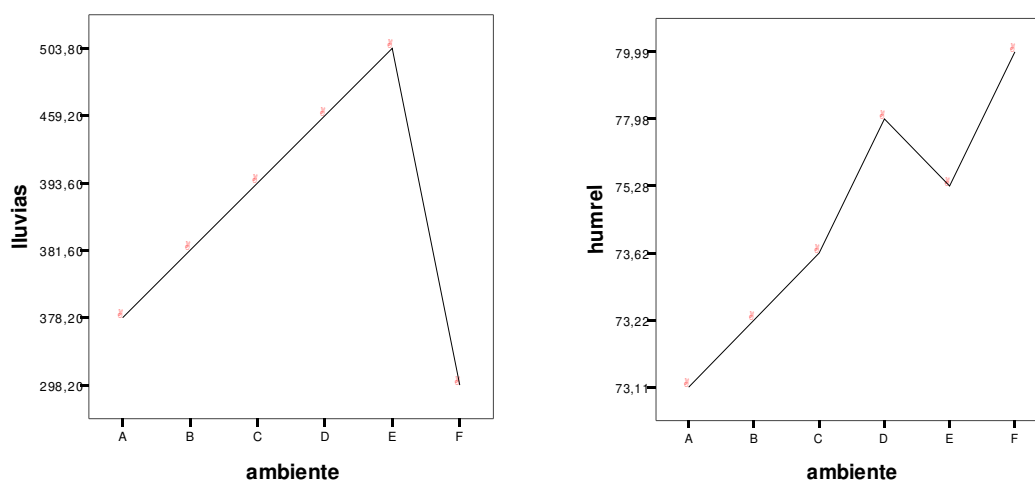
Ambiente F 14 de Enero a 21 de Mayo.

Gráfico N° 2: Box Plot Rendimiento Promedio de Materia Seca por Ambiente



En los gráficos N° 3 y N° 4, se muestran los registros promedios de precipitaciones, humedad relativa y fotoperíodo en horas, desde la fecha de siembra hasta la fecha de cosecha.

Gráfico N° 3: Lluvia Caída y Humedad Relativa por Ambiente

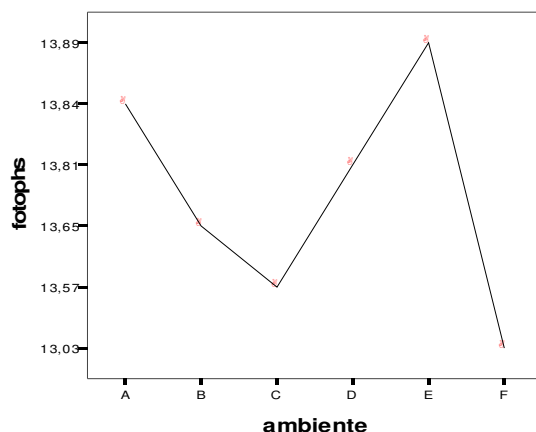


El clima de la región en donde se ubica la localidad de Villa Mercedes (San Luís), es del tipo templado-cálido continental, con veranos ardientes que registran temperaturas altas (de 35° a 43° C en enero) y con inviernos moderados a fríos, alcanzando temperaturas de -12° C en julio; las precipitaciones ocurren con mayor frecuencia durante los meses de primavera y verano, estableciendo régimen monzónico.

XII Reunión Científica del GAB y I Encuentro Argentino-Chileno de Biometría

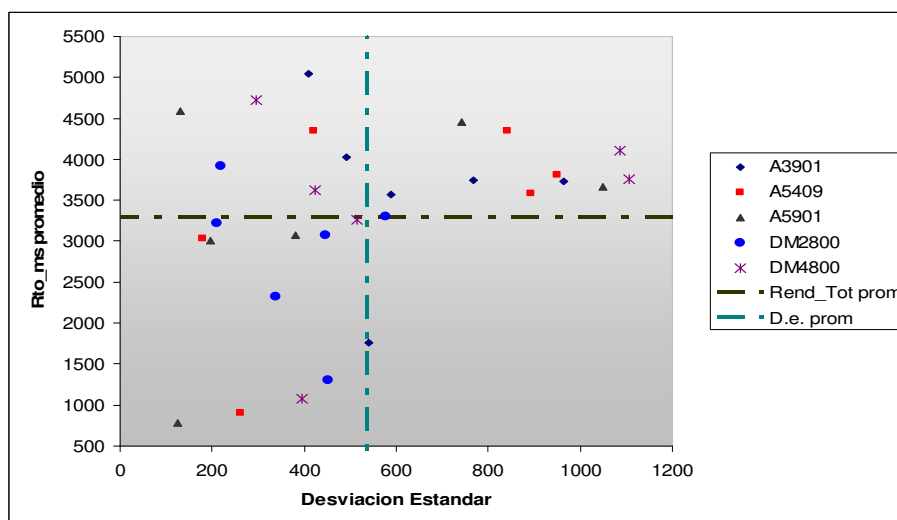
El ambiente más favorable de los analizados, basado en la respuesta en rendimiento de materia seca, fue el Ambiente E. La combinación de las condiciones climatológicas fue favorable en él, respecto de las demás. Se registra en el ambiente: abundancia de lluvias, moderada a alta humedad relativa y las horas-luz recibidas por los cultivares fueron las más altas (fotoperíodo en horas).

Gráfico N° 4: Fotoperíodo en horas por ambiente



Realizando un análisis del rendimiento de materia seca/ha por cultivar, podemos destacar que el cultivar DM2800 registra menor dispersión respecto al desvío promedio de la muestra, siendo más estable por ambiente. La contracara es su bajo rendimiento (Gráfico N° 5). El rendimiento del cultivar A3901 se destaca por ser superior al promedio, pero está unido a una gran dispersión, *posiblemente* siendo inestable en su respuesta.

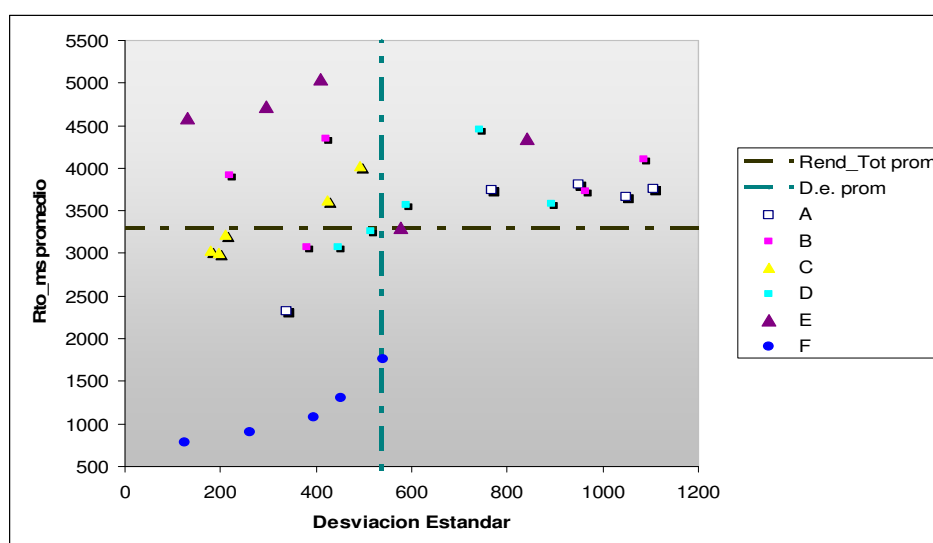
Gráfico N° 5: Rendimiento Promedio y Desvío Estándar por Cultivar



XII Reunión Científica del GAB y I Encuentro Argentino-Chileno de Biometría

En el gráfico N° 6 se presenta la misma información que en el gráfico N° 5 pero identificando rendimientos por ambientes. Puede visualizarse que los ambientes C y F son los más seguros debido a que poseen desvíos estándares inferiores al promedio. En cuanto al rendimiento, el ambiente C es superior al F, resultando el más óptimo dentro del plano rendimiento-dispersión. Los ambientes A y D combinan linealmente mejores rendimientos con mayores dispersiones, no teniendo una clara superioridad sobre los demás ambientes. La mejor combinación rendimiento-dispersión es lograda por el ambiente E, siendo consecuente con el anterior análisis descriptivo.

Gráfico N° 6: Rendimiento Promedio y Desvío Estándar por Ambiente



Técnicas Anova y de Regresión

Por lo general, en las ciencias agrarias la investigación es empírica y emplea de manera cotidiana *experimentos de campos*. Los métodos estadísticos más empleados para analizar estos experimentos son el Anova y regresión lineal. El método de análisis de varianza se utiliza para determinar cuales factores del experimento son los más significativos. Por otra parte, el análisis de regresión se utiliza cuando se tienen datos de fenómenos que no fueron controlados o cuando se desea obtener un modelo que relaciona los factores importantes con la variable respuesta. En este caso aplicaremos ambas técnicas con el mismo propósito: estimar la diferencia entre ambiente y cultivares, y su interacción.

Para el conjunto de datos obtenidos, primero se trabajó con un modelo de Anova en parcelas divididas con diseño completamente aleatorizado.



El modelo que se estimó fue:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_j + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \gamma_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad i = 1, \dots, r; j = 1, \dots, a; k = 1, \dots, b \quad (1)$$

donde:

y_{ijk} : es la respuesta correspondiente a la repetición i -ésima, al efecto del nivel j del factor Ambiente, al efecto del nivel k del subfactor Cultivar,

μ : es el promedio general,

α_j : es el efecto del nivel j del factor Ambiente,

β_k : es el efecto del nivel k del subfactor Cultivar,

$(\alpha\beta)_{jk}$: es el efecto de interacción entre el nivel j del factor Ambiente y el nivel k del subfactor Cultivar,

γ_{ij} : es el error aleatorio correspondiente a la repetición i -ésima y al nivel j -ésimo del factor Ambiente,

ε_{ijk} : es el error aleatorio correspondiente a la repetición i -ésima y al nivel j -ésimo del factor Ambiente y nivel k -ésimo del subfactor Cultivar,

γ_{ij} y ε_{ijk} se distribuyen en forma independiente y normal.

a es el número de niveles del factor Ambiente, b es el número de niveles del subfactor Cultivar y r el número de repeticiones. En nuestro caso: $a=6$, $b=5$, $r=3$.

Cuadro N° 2: Fuentes de Variación y Grados de Libertad del Modelo DCA

FV	GL
Factor: Ambiente	$a - 1$
Error del Factor Principal (Ambiente)	$a (r - 1)$
Subfactor: Cultivar	$b - 1$
Interacción Factor x subfactor	$(a - 1) (b - 1)$
Error del Subfactor (Cultivar)	$a (r - 1) (b - 1)$
Total	$ab r - 1$

DCA: Diseño Completamente Aleatorizado

XII Reunión Científica del GAB y I Encuentro Argentino-Chileno de Biometría

Para el caso del Análisis de Regresión, se estimó la siguiente ecuación:

$$y_{ijk} = \mu + \sum_{j=1}^{a-1} \alpha_j \cdot Amb_j + \sum_{k=1}^{b-1} \beta_k Cult_k + \sum_{i=1}^{a-1} \sum_{k=1}^{b-1} \lambda_{ik} (Amb \times Cult)_{ik} + \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{j=1}^{a-1} \eta_{ij} (rep \times Amb)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (2)$$

donde:

y_{ijk} : es la respuesta correspondiente a la repetición i -ésima, al efecto del nivel j del factor Ambiente, al efecto del nivel k del subfactor Cultivar,

μ : es el promedio de las variables tomadas como bases,

α_j : es el efecto del Ambiente j respecto a la base,

β_k : es el efecto del Cultivar k respecto a la base,

λ_{ik} : es el efecto de interacción entre el Ambiente j y el Cultivar k respecto a la variable base,

η_{ij} : es el efecto de interacción entre el Ambiente j y la repetición i respecto a la variable base

ε_{ijk} : es el error aleatorio correspondiente a la repetición i -ésima y al nivel j -ésimo del factor Ambiente y nivel k -ésimo del subfactor Cultivar, ε_{ijk} se distribuyen en forma independiente y normal.

a es el número de niveles del factor Ambiente, b es el número de niveles del subfactor Cultivar y r el número de repeticiones. En nuestro caso: $a=6$, $b=5$, $r=3$.

En este análisis, se convierten los datos categóricos en variables independientes numéricas, asignando a cada nivel del factor y subfactor un valor 1 o 0. O sea, se transforman las categorías en variables dummies, identificando con ellas su pertenencia a un grupo en particular.

El modelo contiene una categoría menos que el realizado mediante el Anova. Esta categoría que no aparece en el modelo es tomada como *base* para establecer diferencias significativas o no respecto a las demás. La razón de quitar una variable se debe a que la inclusión de todas las categorías de análisis provocaría colinealidad perfecta en el modelo. Por cada conjunto de datos categóricos se debe quitar una variable.

Debido a la categoría *base*, la interpretación de los coeficientes es más difícil que lo habitual. Cada coeficiente captará la diferencia promedio entre la categoría a estudiar y la categoría *base*, dado que se tiene un factor, un subfactor con varios niveles en tres repeticiones.

RESULTADOS

Las estimaciones de los modelos se llevaron a cabo mediante la utilización de los programas estadísticos InfoStat y Stata.

Para el análisis de varianza se utilizó el InfoStat, aplicando posteriormente el test de Tukey. Los resultados de esta estimación se muestran en el Cuadro N° 3.

Cuadro N° 3: Modelo de Parcelas Divididas con DCA

FV	SC Parcial	GL	CM	F	Pr>F
Ambiente	92460605.2	5	18492121	31.54	0.0000
Cultivar/repetición	7035089.92	12	586257.49		
Cultivar	6058854.72	4	1514713.68	4.76	0.0026
Cultivar x Ambiente	14315948.4	20	715797.422	2.25	0.0112
Error	15273694	48	318201.95		
Total	135144192	89	1518474.07		

Nro de obs. = 90 R² = 0.8870 R² Ajustado = 0.7904 Raíz CME = 564.09

El ajuste del modelo es adecuado, con un R² ajustado del 0.79. Del análisis se puede observar que existe un efecto fijo de Ambiente, de Cultivar y que la interacción AmbientexCultivar es diferente de la media general para alguna combinación. Para obtener cuales son estos niveles, se aplicó el test de Tukey con un nivel de significancia del 0.05. Los resultados se muestran en los Cuadros N° 4 y N° 5:

Cuadro N° 4: Test de Tukey para Ambiente y Cultivar

Test de Tukey Alfa=0.05 DMS=939.25	Media	N	Signif.	Test de Tukey Alfa=0.05 DMS=533.69	Media	N	Signif.
Ambiente				Cultivar			
F	1166.80	15	A	DM2800	2855.89	18	A
C	3384.97	15	B	A5901	3260.84	18	AB
A	3459.83	15	B	A5409	3339.52	18	AB
D	3586.30	15	BC	DM4800	3424.43	18	B
B	3834.48	15	BC	A3901	3647.76	18	B
E	4401.51	15	C				

Las diferencias significativas son marcadas con una letra distinta

Se observa que los Ambientes F y E son significativamente diferentes entre ellos y respecto a los Ambientes C y A. Los Ambientes B y D se diferencian significativamente respecto del F pero no del E.

En cuanto a los Cultivares, se puede decir que DM4800 y A3901 tienen una diferencia significativa en su rendimiento respecto a DM2800. Los otros dos Cultivares no se diferencian significativamente del resto.

Se analizó posteriormente la significancia de la interacción. La interacción Ambiente x Cultivar E x A3901 se diferencia significativamente de las interacciones F x A5901, F x

XII Reunión Científica del GAB y I Encuentro Argentino-Chileno de Biometría

A5409, F x DM4800, F x DM2800, F x A3901, A x DM2800, C x A5901, C x A5409, D x DM2800 y B x A5901. La interacción D x A3901 se diferencia de F x A5901.

Cuadro N° 5: Test de Tukey para la interacción AmbientexCultivar

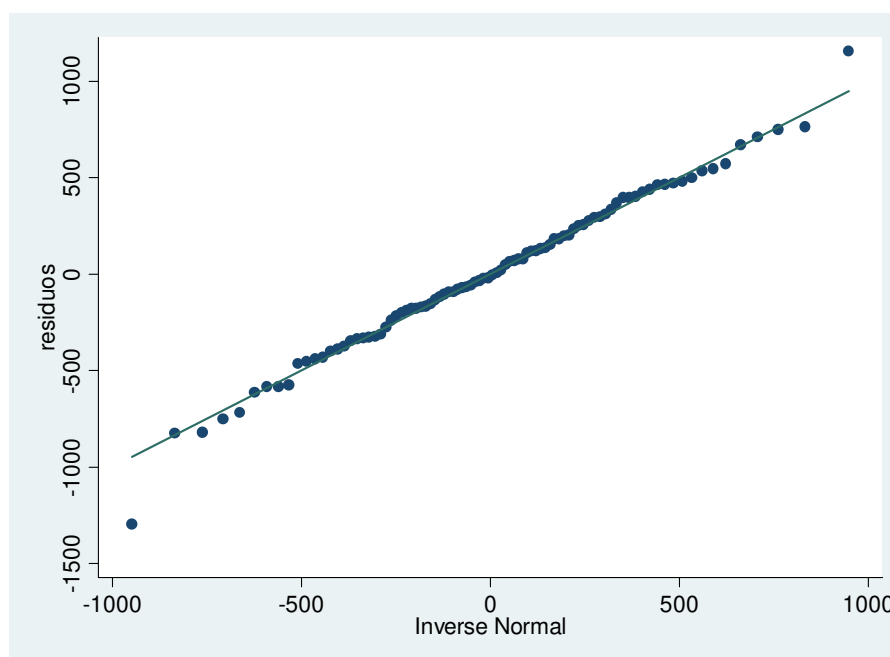
Test de Tukey Alfa=0.05 DMS=1838.78	Media	N	Signif.	Test de Tukey Alfa=0.05 DMS=1838.78	Media	N	Signif.
Ambiente x Cultivar				Ambiente x Cultivar			
F x A5901	784.73	3	A	C x DM4800	3627.44	3	DEF
F x A5409	908.53	3	A	A x A5901	3657.91	3	DEF
F x DM4800	1076.13	3	A	B x A3901	3734.10	3	DEF
F x DM2800	1298.97	3	AB	A x A3901	3737.91	3	DEF
F x A3901	1765.63	3	ABC	A x DM4800	3758.86	3	DEF
A x DM2800	2329.41	3	ABCD	A x A5409	3815.05	3	DEF
C x A5901	3005.56	3	BCDE	B x DM2800	3912.19	3	DEF
C x A5409	3039.85	3	BCDE	C x A3901	4026.47	3	DEF
D x DM2800	3073.20	3	BCDE	B x DM4800	4099.79	3	DEF
B x A5901	3076.99	3	BCDE	E x A5409	4345.50	3	EF
C x DM2800	3225.55	3	CDEF	B x A5409	4349.31	3	EF
D x DM4800	3256.97	3	CDEF	D x A5901	4448.37	3	EF
E x DM2800	3296.03	3	CDEF	E x A5901	4590.27	3	EF
D x A3901	3574.10	3	CDEF	E x DM4800	4727.40	3	EF
D x A5409	3578.87	3	CDEF	E x A3901	5048.33	3	F

Las diferencias significativas son marcadas con una letra distinta

Para comprobar los supuestos del modelo Anova se llevaron a cabo diferentes tests.

Para verificar la normalidad de los errores se utilizó el test de Shapiro-Wilk, no pudiendo rechazar la hipótesis nula de normalidad. En el Grafico N° 8 se presenta la distribución de cuantiles residuales estimados y esperados.

Gráfico N° 7: Cuantiles normales vs residuales obtenidos del modelo



XII Reunión Científica del GAB y I Encuentro Argentino-Chileno de Biometría

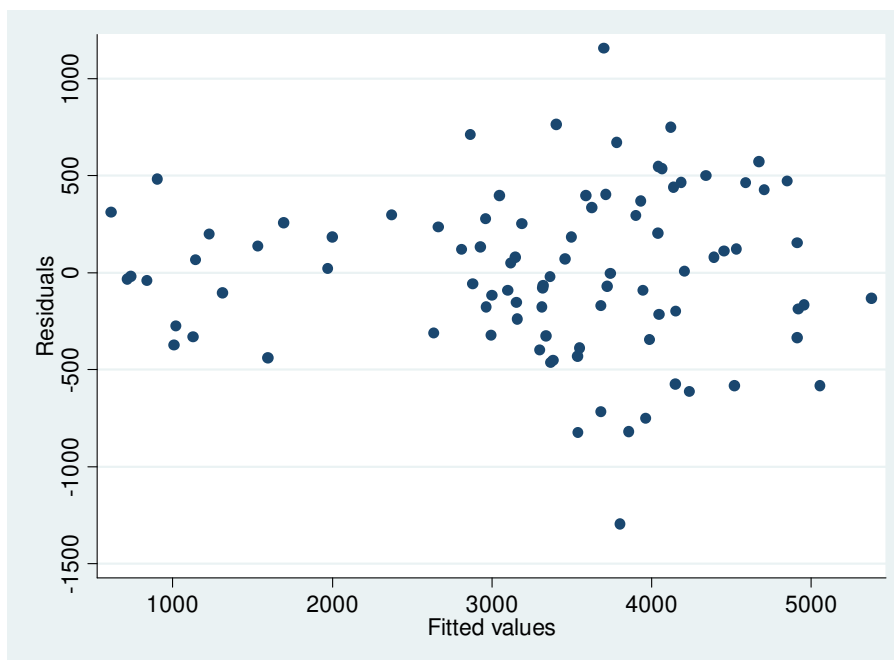
Se aplicó el test de Breusch-Pagan para heteroscedasticidad. El resultado muestra que se rechaza el supuesto de homocedasticidad.

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test para heteroscedasticidad.

Ho: varianza constante. Variables: valores estimados de rto m_ s por ha.

Chi²(1)=4.34 Prob > Chi² = 0.0371

Gráfico N° 8: Distribución de los Residuos vs Valores estimados del Modelo



La mayoría de los residuos se encuentran en una banda próxima entre +1000 y -1000, exceptuando a dos valores que son visiblemente superiores a +1000 de rendimiento de materia seca por hectárea.

La corrección por heteroscedasticidad se realizó en el segundo modelo aplicado. Para ello se estimó un modelo semejante al Anova con la identificación de *cluster* o *agrupamiento* en cada repetición. Esta transformación corrige los residuos obteniendo nuevos errores robustos a la heteroscedasticidad. La opción *cluster* del paquete estadístico Stata especifica que las observaciones son independientes entre repeticiones pero no necesariamente dentro de las mismas. Esta opción afecta a la matriz de varianza-covarianza de los errores pero no a los coeficientes estimados. Sin esta transformación los errores estándares son sesgados y no son válidos para elaborar intervalos de confianza y estadísticos t.

En el Cuadros N° 6 se presentan las estimaciones corregidas. El ajuste del modelo es idéntico al del Diseño en parcelas divididas, el R² es 0.887.

Cuadro N° 6: Modelo de Regresión

Nro de obs.= 90		R ² = 0.887		Raíz CME = 564.09	
Rinde de MS/ha	Coficiente	Error Robusto	t	P>t	Intervalo de confianza (95%)
Constante	716.72	231.60	3.09	0.090	-279.76 1713.22
Ambiente					
A	2586.34	1011.44	2.56	0.0000	-1765.53 6938.23
B	2163.89	73.51	29.44	0.0000	1847.60 2480.18
C	2251.12	221.09	10.18	0.0000	1299.83 3202.41
D	4198.26	231.12	18.16	0.0000	3203.83 5192.69
E	3738.67	349.59	10.69	0.0000	2234.50 5242.83
Cultivar					
DM2800	514.26	443.34	1.16	0.366	-1393.28 2421.80
A3901	980.90	514.56	1.91	0.197	-1233.08 3194.89
DM4800	291.41	233.41	1.25	0.338	-712.90 1295.73
A5409	123.80	262.87	0.47	0.684	-1007.23 1254.84
Ambiente x Cultivar					
A x DM2800	-1842.76	934.24	-1.97	0.187	-5862.49 2176.96
A x A3901	-900.90	906.86	-0.99	0.425	-4802.85 3001.03
A x DM4800	-190.46	1792.91	-0.11	0.925	-7904.76 7523.82
A x 5409	33.33	1662.09	0.02	0.986	-7118.09 7184.76
B x DM2800	320.93	578.70	0.55	0.635	-2169.02 2810.90
B x A3901	-323.79	460.16	-0.70	0.555	-2303.73 1656.14
B x DM4800	731.39	771.85	0.95	0.443	-2589.63 4052.41
B x A5409	1148.51	326.93	3.51	0.072	-258.16 2555.19
C x DM2800	-294.27	556.60	-0.53	0.650	-2689.14 2100.60
C x A3901	39.99	389.13	0.10	0.928	-1634.31 1714.31
C x DM4800	330.45	651.61	0.51	0.662	-2473.21 3134.13
C x A5409	-89.51	401.47	-0.22	0.844	-1816.94 1637.90
D x DM2800	-1889.42	857.19	-2.20	0.158	-5577.63 1798.77
D x A3901	-1855.14	163.05	-11.38	0.008	-2556.72 -1153.56
D x DM4800	-1482.78	712.21	-2.08	0.173	-4547.19 1581.62
D x A5409	-993.28	275.74	-3.60	0.069	-2179.73 193.17
E x DM2800	-1808.48	793.62	-2.28	0.150	-5223.17 1606.20
E x A3901	-522.83	608.23	-0.86	0.481	-3139.85 2094.18
E x DM4800	-154.27	502.93	-0.31	0.788	-2318.23 2009.67
E x A5409	-368.55	821.20	-0.45	0.698	-3901.92 3164.81

La interacción Ambiente x Repetición se estimó, pero no se presenta por no ser pertinente.

Del análisis de regresión se puede concluir que, tomando como base de comparación el ambiente F, el cultivar A5901 y la repetición 3:

Efectos principales:

- Cada fecha de siembra es significativamente diferente respecto a la base del modelo. Los ambientes B y C se diferencian significativamente del D. Este resultado se obtiene de comparar los intervalos de confianza.
- Ningún cultivar es diferente significativamente respecto al Cultivar A5901.

Efecto interacción:

- B x A5409 y D x A5409 son significativamente superiores, al 0.10, en su rendimiento respecto al cultivar A5901, ambiente F y repetición 3.
- El cultivar A3901 es significativamente inferior en su rendimiento en el ambiente D respecto a la base de comparación.



CONCLUSION

Se evaluó el rendimiento de cultivares de soja en diferentes ambientes o fechas de siembra. La variable de interés fue rendimiento de materia seca por hectárea de dichos cultivares con distintos grupos de madurez. El rendimiento del cultivo de soja se midió como materia seca por hectárea.

Mediante la utilización de las técnicas Anova y de Regresión se pudo determinar que: los Ambiente F y E son significativamente diferentes entre ellos y respecto a los Ambientes C, A y D. El posterior análisis del Anova aporta la comparación entre todos los ambientes. En el análisis de regresión, la diferencia entre los ambientes puede determinarse por los intervalos de confianza, y además, corrige por heteroscedasticidad.

En cuanto a los Cultivares, se puede decir que DM2800 se comporta significativamente inferior a DM4800 y a A3901 en su rendimiento mediante el test de Tukey. El análisis de regresión no pudo establecer diferencias significativas entre los cultivares.

El test de Tukey detecta que la interacción Ambiente x Cultivar $E \times A3901$ se diferencia significativamente de las interacciones $F \times A5901$, $F \times A5409$, $F \times DM4800$, $F \times DM2800$, $F \times A3901$, $A \times DM2800$, $C \times A5901$, $C \times A5409$, $D \times DM2800$ y $B \times A5901$. Para la regresión, solo se observa diferencia significativa entre $D \times A3901$ respecto a $F \times A5901$, coincidiendo con el Anova. Otros resultados que coinciden son: $B \times A5409$ y $D \times A5409$ son significativamente superiores en su rendimiento respecto al cultivar $F \times A5901$. Se debe destacar que en el test de Tukey se establece primeramente el nivel de significancia, no así para los test t utilizados en el análisis de regresión.



REFERENCIAS

- BAIGORRI, H. E. J. Y MASIERO, B. L.** (1995). Encuesta sobre elección y manejo de cultivares de soja en la Argentina: Resultados de la campaña 1991/92. *Primer Congreso Nacional de Soja. Pergamino (Bs. As.). Octubre de 1995. p. 206-213.*
- DI RIENZO, J.; CASANOVES, F.; GONZALEZ, L.; TABLADA, E.; DIAZ, M. DEL P.; ROBLEDO, C. Y BALZARINI, M.** (2005). Estadística para las Ciencias Agropecuarias. *Editorial Brujas, Edición Electrónica.*
- GALVANI,** (1979) Observaciones sobre el comportamiento de 123 especies en la provincia de San Luís- EEA San Luís- INTA, Villa Mercedes (S.L.). *Boletín de divulgación.*
- GIORDA, L y BAIGORRI, H.E.J. (eds.)**. (1997). El cultivo de la soja en Argentina. *Agro de Córdoba 4. INTA C. R. Córdoba - EEA Marcos Juárez - EEA Manfredi. Editar. San Juan. Argentina. 448 pp.*
- HERRERO, R. M. y CUNIBERTI, M. B.** (1998). Efecto de la fecha de siembra sobre la calidad industrial de la soja. *Soja. Resultados de la campaña 1997/98. Información para Extensión N° 54. INTA Marcos Juárez (Cba.). p. 67-71.*
- HERRERO, R. M.; CUNIBERTI, M. B. y MASIERO, B. L.** (1999). Effects of planting date on the industrial quality of soybean. *Proceedings World Soybean Research Conference VI. August 4-7, 1999. Chicago, Illinois, USA: p. 668-669.*
- INFOSTAT,** versión del usuario, 2004.
- MARTÍNEZ ALVAREZ, D.; BAIGORI, H.; BOLOGNA, S.; BONGIOVANNI, M y LUCERO, R.** (2002). Crecimiento de doce cultivares de GM II al VII en FS de octubre a diciembre, en Villa Mercedes (San Luís). Campaña 2000/01. *Manejo del cultivo de la soja en Argentina - Actualizaciones. Revista Agro 10 del INTA Centro Regional Córdoba (EEA Marcos Juárez). p. 80-85.*
- MARTÍNEZ ALVAREZ y BONGIOVANNI, M.** (2003). El cultivo de soja en creciente adopción por productores locales. *El Diario de la República. 14/12/03. p. 6.*
- MONTGOMERY, DOUGLAS.** (1991). Diseño y Análisis de Experimentos. *Grupo Editorial Iberoamérica, Primera Edición.*
- NIELSEN, C. N.; EVANS, D. E. y WILCOX, J. R.** (1992). Special Purpose Soybean Varieties. *New Crops News. Vol. 2. N° 1.*
- STAT/SE,** versión 9 para Windows.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos los datos brindados por los Ingenieros Marcelo Bongiovanni y Diego Álvarez Martínez.