

ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO DE HÍBRIDOS Y VARIEDADES DE GIRASOL EN DIFERENTES
FECHAS DE SIEMBRA EN EL VALLE DEL MAYO, SONORA

Nemecio Castillo Torres y J. Mario Salazar Gómez¹

RESUMEN

En el Valle del Mayo, Sonora, se llevó a cabo un estudio para determinar el comportamiento y estabilidad del rendimiento de semilla de cuatro híbridos (Sun Hi 338, IS-241, IS-893 y Saffola) y dos variedades (Cernianka y Peredovik) de girasol (*Helianthus annuus* L.) a través de seis fechas de siembra comprendidas del 20 de noviembre de 1980 al 10 de marzo de 1981. Los resultados mostraron lo siguiente: 1) Conforme la siembra fue más tardía los rendimientos disminuyeron; 2) Las variedades obtuvieron los mayores rendimientos en la segunda fecha (10 de diciembre) y los híbridos en la primera (20 de noviembre); 3) Todos los genotipos tuvieron coeficientes de regresión estadísticamente iguales a uno; sin embargo, numéricamente las variedades presentaron mejor comportamiento en ambientes desfavorables y los híbridos en ambientes favorables; 4) Excepto el híbrido IS-241, los demás genotipos mostraron inconsistencia ($S^2_{di} > 0$); 5) Los genotipos mostraron un comportamiento diferencial a través de las diferentes fechas de siembra; 6) En general, a partir de la cuarta fecha de siembra (20 de enero) los rendimientos se abatieron drásticamente; 7) Con excepción del porcentaje de proteína en la semilla, las otras variables fenotípicas evaluadas disminuyeron su expresión conforme la siembra fue más tardía.

SUMMARY

The present study was performed in the Mayo Valley, Sonora, Mexico. Its objective was to evaluate the yield stability of four sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids (Sun Hi 338, IS-241, IS-893 and Saffola) and two varieties (Cernianka and Peredovik) at six planting dates from November 20, 1980 to March 10, 1981. Results indicated that: 1) Yield decreased as planting dates were delayed; 2) Sunflower hybrids had the highest yields in the first planting date (Nov. 20) while the varieties were the best yielders in the second planting date (Dec. 10); 3) All cultivars had regression coefficients statistically equal to one; however, the varieties tended to perform better under unfavorable environments and the hybrids performed better under favorable environments; 4) Excluding the hybrid IS-241, all other genotypes were inconsistent ($S^2_{di} > 0$); 5) All genotypes showed different behaviour through planting dates; 6) In general, after the fourth planting date yields were greatly reduced; and 7) With the exception of protein content, the magnitude of other phenotypic characters was reduced as planting date was delayed.

^{1/} Investigador del Programa de Mejoramiento Genético de Soya y Encargado de la Unidad de Planeación, respectivamente. 85000, Apartado Postal No. 515, Ciudad Obregón; INIFAP; CIFAP-SONORA.

INTRODUCCION

En México, el girasol (*Helianthus annuus* L.) es un cultivo relativamente reciente por lo que la superficie sembrada todavía es pequeña. Potencialmente se considera que podría sembrarse en más de un millón de hectáreas, ya sea bajo condiciones de temporal, de humedad residual o de riego; asimismo, se considera que es la especie con mayores probabilidades de expansión, a corto plazo, por su gran capacidad de adaptación, la viabilidad de ser mecanizado y en general, la facilidad del cultivo.

El Valle del Mayo, Son., con una superficie cultivable cercana a 90 000 hectáreas de riego y con un patrón de cultivos sumamente reducido, presenta condiciones climáticas y edáficas apropiadas para el cultivo del girasol, por lo que su introducción a esta región ayudaría a diversificar la agricultura y solucionar, en parte, la demanda nacional de aceites comestibles y el déficit que actualmente existe de granos oleaginosos.

El presente estudio tuvo como objetivo determinar el efecto ambiental, representado por fechas de siembra, sobre el rendimiento y estabilidad del mismo, de cultivares de girasol.

REVISIÓN DE LITERATURA

Mazzani (1963) menciona que el girasol es originario del Continente Americano, específicamente de las regiones occidentales de Estados Unidos y Canadá, donde la planta abunda en estado silvestre.

Su adaptabilidad a diferentes tipos de suelo y clima ha sido mencionada por varios autores. Gadea (1969) indica que el girasol es una planta anual, muy rústica, de crecimiento rápido, con extraordinaria resistencia a la sequía y muestra gran adaptabilidad a diferentes tipos de suelo, aunque no prospera tan bien en los ácidos y compactados de difícil aereación. Allard y Garner, citados por Mazzani (1963), señalan que es una planta de fácil adaptabilidad a diferentes latitudes, altitudes, climas y suelos, y se le considera insensible al fotoperíodo.

Gallegos (1977) considera que un aspecto importante del girasol es la rapidez con que completa su ciclo, lo cual es ideal en algunas regiones pues permite incluirlo en rotaciones de cultivos; de esta manera el agricultor puede tener dos

cosechas al año y disponer de más tiempo para la preparación del terreno. León (1980), en un estudio realizado en el Valle del Yaqui, Son., concluye que en esta región el girasol puede ser una alternativa para los cultivos de otoño, invierno y primavera, por ser de ciclo corto, permitir dos cultivos al año, ahorrar agua para segundos cultivos debido a sus bajos requerimientos hídricos y mejorar, en parte, las condiciones del suelo, ya que su raíz profundiza bastante y evita la compactación de los suelos.

Con el descubrimiento de la importancia de la interacción genético-ambiental se han investigado varios procedimientos para caracterizar el comportamiento de las variedades en diferentes ambientes.

Márquez-Sánchez (1973) representó gráficamente los modelos fenotípicos con y sin interacción genético-ambiental, y demostró que una variedad que interacciona con el ambiente debe tener un coeficiente de regresión diferente de la unidad; también señala que desde el punto de vista convencional y lógico, "algo" que es estable no cambia a través del tiempo y el espacio. Sin embargo, la costumbre ha establecido que una variedad estable es aquella que responde exactamente a los cambios ambientales y no interacciona con el ambiente.

Finlay y Wilkinson (1963) utilizaron la regresión lineal como una medida cuantitativa de la estabilidad fenotípica. Consideraron que las variedades caracterizadas por coeficientes de regresión igual a la unidad tienen estabilidad promedio y cuando este valor está asociado a altos rendimientos la variedad tiene adaptabilidad general; por el contrario, cuando está asociado a rendimientos bajos, la variedad está pobremente adaptada a todos los ambientes. Por otro lado, un coeficiente de regresión significativamente mayor que uno pertenecerá a una variedad con adaptación a buenos ambientes y sensible a los cambios ambientales; y variedades con coeficiente de regresión menor que uno se adaptan a ambientes desfavorables y tienen poca sensibilidad a los cambios ambientales.

Eberhart y Russell (1966) establecieron un modelo para medir la estabilidad de las variedades mediante la partición de la interacción genético ambiental de cada variedad en dos partes: 1) La variación debida a la respuesta de la variedad al variar los índices ambientales (suma de cuadrados debida a la regresión); y 2) Las desviaciones inexplicables de la regresión sobre el índice ambiental (suma

de cuadrados alrededor de la regresión). Estos mismos autores indican que el parámetro de estabilidad S^2_{di} es de gran importancia, ya que su varianza es una función del número de ambientes, y que son necesarios diversos ambientes y un mínimo de repeticiones para obtener estimadores confiables de S^2_{di} . De ahí que factores como precipitación pluvial, fechas de siembra, densidades de población, dosis de fertilizantes, etc., puedan utilizarse para incrementar el número de ambientes en un número determinado de localidades.

Carballo (1970) aplicó el modelo propuesto para Eberhart y Russell (1966) a ocho agrupamientos de variedades de maíz, formados en función de su origen y localización de los ambientes. Los resultados mostraron que el método fue efectivo en la discriminación de las variedades catalogándolas en función de los parámetros b_i y S^2_{di} . El autor utiliza el término "consistente" en aquellas variedades que tienen una $S^2_{di} = 0$ y llama "inconsistencia" a la que tiene un valor de $S^2_{di} > 0$.

Camacho (1981) evaluó un grupo de 39 variedades de trigo (8 mezclas, 25 líneas puras y 6 testigos) en seis localidades distribuidas en el Norte de México. Los parámetros de estabilidad varietal se determinaron por el método de Eberhart y Russell (1966) modificado por Cruz^{1/}. Los resultados indicaron que las mezclas y sus componentes respondieron igual a los cambios ambientales y que la predictibilidad de una mezcla fue semejante a la de sus componentes. En general, observó que las mezclas más rendidoras estuvieron compuestas por las líneas que también presentaban altos rendimientos.

Palomo y Prado (1975) indican que la importancia de los parámetros de estabilidad estriba en identificar a las mejores variedades por su rendimiento y estabilidad, cuando se cultivan en diferentes condiciones ambientales lo cual permite recomendar los mejores genotipos para un buen manejo (ambiente rico), para un manejo deficiente (ambiente pobre), o bien genotipos que muestren un comportamiento promedio alto cuando se les cultiva en una amplia gama de ambientes.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se desarrolló en el delta formado por el Río Mayo, donde se encuen

^{1/} Cruz Medina I.R. Modificación del método de Eberhart y Russell para el estudio de la interacción genotipo-ambiental. Inédito.

tra el Distrito de Riego No. 38, situado al SE del Estado de Sonora, entre el paralelo 27°12' (latitud norte) y el meridiano 109°12'0" (longitud oeste) y a una altura promedio de 85 msnm. El clima, de acuerdo con Thornthwaite, se le clasifica como EdB'a: provincia de humedad E árida, vegetación tipo desierto, humedad deficiente en todas las estaciones; provincia de temperatura B' mesotérmica; subprovincia de temperatura a, concentración en el verano entre 25 y 34%. De acuerdo con Koppen, modificado por García (1973) se le clasifica como Bw(h')w(e): muy seco o desértico; muy cálido con régimen de lluvias de verano muy extremoso; la temperatura media anual de 30°C con mínimas de 1°C en invierno y máximas de 48°C en verano; las temperaturas máximas se presentan en los meses de julio, agosto y septiembre. La precipitación media anual es de 200 mm en la zona costera y 400 mm en el valle alto. En el distrito de riego, los tipos de suelo que se presentan, de acuerdo a la textura, expresados con respecto a la superficie total del distrito, son: arcilla, 26%; franco, 23%; migajón limoso, 18%; migajón arcilloso, 13%; migajón arenoso, 10%; arena, 4%; migajón arcillo-arenoso, 3%; migajón arcillo-limoso, 1%; arcillo limoso, 1%; arcillo arenoso, < 1% y arena migajosa, < 1%.

Durante el ciclo otoño-invierno 1980-81, en el Campo Agrícola Experimental Valle del Mayo, Son. se evaluaron seis variedades de girasol en ensayos de rendimiento, en seis fechas de siembra (noviembre 20, diciembre 10 y 30, enero 20, febrero 15 y marzo 10). Las variedades de girasol incluyeron cuatro híbridos (poblaciones homogéneas) y dos variedades de polinización libre (poblaciones heterogéneas); se empleó el diseño de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones en cada fecha de siembra. La parcela experimental consistió de 6 surcos a 75 cm de separación y 6 m de largo y como parcela útil se tomaron 5 m de los cuatro surcos centrales. La densidad de siembra varió entre 6 y 8 kg de semilla por hectárea, aclareándose a 20 cm entre plantas (66,666 pl/ha). Al cultivo se le dió el manejo agronómico sugerido para zonas similares.

Se realizó un análisis de varianza conjunto para las seis fechas de siembra (ambientes) de acuerdo a la metodología de "serie simple de experimentos" descrita por Cochran y Cox (citados por Vásquez, 1979), considerando ambientes como efecto aleatorio y tratamientos y bloques como efecto fijo. La estabilidad de las variedades, a través de las fechas de siembra, fue determinada mediante la aplicación del modelo planteado por Eberhart y Russell (1966) modificado en su análisis por Cruz, el cual establece que no es necesario efectuar la prueba de efecto ambiental

lineal (AL), debido a que la prueba exacta de este efecto se realiza en el análisis de varianza conjunto. Todos estos análisis se realizaron solamente para la variable rendimiento/ha. Finalmente, se calcularon los coeficientes de correlación entre las características siguientes: rendimiento de semillas; porcentaje de aceite y proteína en semillas; días a inicio de botones florales, a inicio de floración y a final de floración; días a corte de los capítulos; altura de planta; número de plantas por parcela útil; diámetro de tallo; número de semillas por capítulo; peso de 100 semillas; y peso hectolítrico.

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de varianza conjunto para la variable rendimiento de semilla se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Análisis de varianza conjunto para seis genotipos de girasol evaluados en seis fechas de siembra. Ciclo 1980-81. Valle del Mayo, Sonora.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrado medio	F calculada
Ambiente	5	6 212 002	517.59**
Error (a)	18	38 850	3.24**
Variedades (V)	5	638 471	53.19**
V X A	25	118 427	9.86**
V x A Lineal	1	1 068 884	89.06**
Desviaciones de regresión	24	79 061	6.58**
Error (b)	90	12 001	
T O T A L	143		

*, ** Significancia al 5% y al 1%, respectivamente.

Se detectaron diferencias altamente significativas entre ambientes, lo que significa que la fecha de siembra afecta el rendimiento de girasol. Las medias de rendimiento de las diferentes fechas y para cada variedad se presentan en el Cuadro 2; puede observarse una marcada tendencia de disminución del rendimiento conforme la fecha de siembra se retrasa a partir del 20 de noviembre (1738 kg/ha) hasta el 10 de marzo (561 kg/ha). Las variedades de polinización libre Cernianka y Peredovik

Cuadro 2. Rendimiento promedio (kg/ha) y parámetros de estabilidad estimados para seis híbridos y variedades de girasol evaluados en seis fechas de siembra; Valle del Mayo, Sonora. 1980-81.

Variedad	Fechas de siembra						Media ^{1/}	Párametros de estabilidad	
	20 Nov.	10 Dic.	30 Dic.	20 Ene.	15 Feb.	10 Mar.		b _i	s ² _{di}
Sun Hi 338	2073	1838	1646	810	898	823	1348a	1.088 ns	22572**
Cernianka	1344	1588	1288	713	620	626	1025b	0.760 ns	31989**
IS-241	1848	1544	939	639	542	518	1005b	1.101 ns	5327 ns
IS-893	1881	1447	901	723	588	427	995b	1.075 ns	16495**
Peredovik	1352	1497	1007	716	530	685	965b	0.738 ns	14983**
Saffola 304	1927	1383	713	483	429	284	870b	1.239 ns	26826**
Media ^{1/}	1738A	1545B	1082C	681D	602D	561D	1035C		

^{1/}: Promedios con igual letra minúscula significa que el rendimiento de las variedades no fue estadísticamente diferente entre sí; con igual letra mayúscula se unen fechas de siembra con rendimientos estadísticamente iguales; Tukey ($\alpha=0.05$).

mostraron los mayores rendimientos cuando se sembraron el 10 de diciembre, lo que sugiere que la fecha óptima de estas variedades fluctúa alrededor de esta fecha. Los híbridos Sun Hi 338, IS-241, IS-893 y Saffola 304 mostraron sus máximos rendimientos al sembrarlos el 20 de noviembre. A partir del 20 de enero todos los genotipos redujeron notablemente su rendimiento y en las últimas dos fechas de siembra (15 de febrero y 10 de marzo) esta disminución fue más drástica en los híbridos Saffola 304, IS-893 e IS-241, mientras que el rendimiento del híbrido Sun Hi 338 y de las variedades Peredovik y Cernianka tendió a estabilizarse desde la siembra del 20 de enero.

Se obtuvieron diferencias altamente significativas entre las medias de los genotipos. En el Cuadro 2 se observa que el híbrido Sun Hi 338 superó en rendimiento a todos los demás genotipos; las variedades Cernianka y Peredovik y los híbridos IS-241 e IS-893 tuvieron estadísticamente los mismos rendimientos mientras que el híbrido Saffola 304 fue el menos rendidor. Además, la interacción genotipo-ambiente resultó altamente significativa indicando que los genotipos responden en forma diferente a los cambios ambientales; así, las variedades Cernianka y Peredo

vik solamente redujeron su rendimiento cerca del 50% en la fecha de siembra más tardía, mientras que Saffola 304 lo redujo casi en 85%.

En relación a los parámetros de estabilidad (Cuadro 2) todos los coeficientes de regresión fueron estadísticamente iguales a uno; sin embargo, puede observarse que las variedades de polinización abierta se adaptan mejor a ambientes malos ($b_i < 1$) y los híbridos obtienen mejores rendimientos en ambientes favorables ($b_i > 1$). Híbridos y variedades presentaron la misma inconsistencia ($S^2_{di} > 0$), a excepción del híbrido IS-241 que fue consistente ($S^2_{di} = 0$).

Como se puede observar en el Cuadro 3, los valores medios de las características fenotípicas evaluadas, excepto el porcentaje de proteína, tuvieron una marcada reducción conforme se retrasó la fecha de siembra, resultando con ello un menor vigor de la planta lo que posteriormente se tradujo en la disminución del rendimiento en fechas tardías. Las características que más contribuyeron a la reducción del rendimiento fueron: diámetro de capítulo, número de semillas por capítulo, peso de cien semillas y peso hectolítrico.

Cuadro 3. Características fenotípicas promedio de seis genotipos de girasol en seis fechas de siembra. Ciclo 1980-81. Valle del Mayo, Sonora.

Variable	Fechas de siembra						Media
	20 Nov.	10 Ene.	30 Dic.	20 Ene.	15 Feb.	10 Mar.	
Inicio bot. floral (días)	60	57	53	56	51	46	54
Inicio floración (días)	80	81	80	77	68	63	75
Final floración (días)	90	89	88	84	75	70	83
Días a corte	119	119	112	105	97	93	107
Altura final (cm)	161	153	155	150	133	118	145
Diámetro tallo (cm)	1.8	1.9	2.0	1.7	1.3	1.5	1.7
Diámetro capítulo (cm)	15	13	14	12	9	11	12
No. semillas/capítulo	652	656	500	374	352	325	477
Peso de 100 semillas (g)	5.0	4.9	4.7	3.4	2.8	3.2	4.0
Peso hectolítrico (kg/hl)	39	37	32	35	30	31	34
Rendimiento (kg/ha)	1738	1545	1082	681	602	561	1035
% Aceite	42.07	38.27	31.83	31.97	29.8	30.85	34.13
% Proteína	21.85	23.73	26.75	29.38	31.22	31.23	27.36
Acame ^{1/}	1	1	2	1	2	1	1

^{1/} 1: Sin acame; 2: Semiacamado; 3: Acamado

Los análisis de correlación indicaron que el rendimiento estuvo significativamente correlacionado con las características: diámetro de capítulo (0.68), número de semillas por capítulo (0.81), peso de 100 semillas (0.78), peso hectolítrico (0.70) y días al corte (0.76); ésta última variable estuvo correlacionada con las otras cuatro variables. El número de semillas por capítulo y el peso hectolítrico estuvieron correlacionados con días al corte, por lo que la selección basada en estas variables puede conducir a la obtención de genotipos tardíos.

CONCLUSIONES

1. La fecha de siembra tiene un marcado efecto sobre el rendimiento de girasol, observándose que conforme la siembra fue más tardía, los rendimientos fueron menores.
2. En general, los mayores rendimientos se obtuvieron en la primera fecha, el 20 de noviembre, por lo que se sugiere que en estudios posteriores se evalúen fechas de siembra más tempranas.
3. Las variedades de polinización libre (Cernianka y Peredovik) obtuvieron los rendimientos más altos en la segunda fecha (10 de diciembre) y los híbridos (Sun HI 338, IS-241, IS-893 y Saffola 304) en la primera fecha.
4. El híbrido Sun HI-338 fue superior en rendimiento a los otros genotipos a través de las fechas de siembra, aunque no presentó consistencia.
5. Los coeficientes de regresión para todos los genotipos fueron estadísticamente iguales a uno; sin embargo, pudo observarse que las variedades de polinización libre se adaptan mejor a ambientes malos ($b_i < 1$) y los híbridos a ambientes favorables ($b_i > 1$).
6. Todas las características fenotípicas, excepto el porcentaje de proteínas, tuvieron marcada reducción conforme se retrasó la fecha de siembra, lo que provocó la reducción en el vigor de la planta que posteriormente se tradujo en la disminución del rendimiento. Sin embargo, no todas las variedades redujeron su rendimiento en igual proporción.

BIBLIOGRAFIA

1. Camacho C., M.A. 1981. Comparación del rendimiento y parámetros de estabilidad de mezclas de trigo (*Triticum aestivum* L.) y sus componentes. Tesis Profesional. U.A.CH; Chapingo, México.
2. Carballo C., A. 1970. Comparación de variedades de maíz del Bajío y de la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados, E.N.A., Chapingo, México.
3. Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 9:357-361.
4. Finlay, K.W. and G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. Aust. J. Agric Res. 14:742-754.
5. Gadea L., M. 1969. El girasol, planta industrial y forrajera. Ministerio de Agricultura. Madrid, España.
6. García E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. U.N.A.M. México.
7. Gallegos B., C. 1977. El cultivo de girasol en México. Folleto de divulgación No. 64. INIA-SARH.
8. León F.J., C. 1980. Respuesta del girasol (*Helianthus annuus* L.) a nitrógeno, fósforo y densidad de población en el Valle del Yaqui, Son. Tesis Profesional. Escuela Superior de Agricultura. ITESM. Cd. Obregón, Son.
9. Márquez-Sánchez, F. 1973. Relationship between genotype environmental interaction and stability parameter. Crop Sci. 13: 577-579.
10. Mazzani, B. 1963. Las plantas oleaginosas. Ed. Salvat. Barcelona, España.
11. Palomo G., A. y R. Prado M. 1975. Estimación de los parámetros de estabilidad y su aplicación en investigación agrícola con algodón. Sem. Téc. CIANE-INIA-SAG. Comarca Lagunera, Méx. Pág. 2.
12. Vázquez R., T. R. 1979. Modelos y análisis para series dobles de experimentos. Tesis de Maestro en Ciencias. Chapingo, México.