

## Capacidad combinatoria general y específica de seis clones de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y su comportamiento con combinaciones sintéticas de primera generación<sup>1</sup>

Raúl E. Avendaño<sup>2</sup>, Fred L. Patterson<sup>3</sup> y Ralph L. Davis<sup>3</sup>

### INTRODUCCION

La necesidad de producir nuevas variedades forrajeras ha intensificado la búsqueda de germoplasma superior y la investigación de métodos para su mejor utilización.

Después de imponer rígidos sistemas de selección, el mejorador generalmente enfrenta el problema de maximizar el rendimiento potencial a partir de una población reducida que posea resistencia a plagas u otros factores limitantes de la producción.

Al igual que otros caracteres cuantitativos, el rendimiento de forraje no exhibe clases fenotípicas diferenciadas. Afortunadamente, Yates, F. (1947), Mather, R. (1949), Jinks, J. L. y Hayman, B. I. (1953) y Griffing, B. A. (1956), han perfeccionado la técnica de los cruzamientos dialelos, como una metodología para estudiar la expresión de esta variación continua. Estos análisis no sólo entregan información referente al tipo de acción de los genes que gobiernan la característica en estudio, sino que recomiendan los genotipos que mejor se combinan para constituir una variedad comercial.

Aunque las nuevas técnicas de mejoramiento ofrecen diversas alternativas para aglutinar los mejores genotipos, es corriente aprovecharlos en nuevas variedades a través de sintéticos. Al respecto, se puede generalizar que el agricultor está utilizando sintéticos de

segunda generación en sus siembras, en circunstancias que la primera generación es la que exhibe el grado más alto de efectos heteróticos.

En el presente trabajo se incluye un estudio de capacidad combinatoria general y específica de seis clones de alfalfa según su rendimiento a través de cuatro estaciones de un año agrícola. Se informa, además, sobre el comportamiento de los sintéticos-I correspondientes, organizados en combinaciones de 6-5-4 clones, durante tres estaciones del mismo año agrícola. Finalmente, se intenta predecir el comportamiento de dichos sintéticos en base a la información obtenida de los cruzamientos simples del primer estudio.

### REVISION DE LITERATURA

Sprague, G. F. y Tatum, L. A. (1942), han definido capacidad combinatoria general (CCG) como el comportamiento de un clon o línea en combinaciones híbridas. El concepto de capacidad combinatoria específica (CCE) se utiliza para designar aquellos casos en los cuales ciertas combinaciones resultan mejores o peores que el comportamiento promedio de las líneas correspondientes. Al respecto, Rojas, A. B. y Sprague, G. F. (1952), sugieren que el primer concepto estima acción de genes de tipo aditivo, y el segundo, acción de tipo no aditivo.

Evidencias de efectos significativos de CCG y CCE de forraje han sido ampliamente demostradas por Bolton, J. L. (1948), Kehr, W. R. y Graumann, H. O. (1958), Tysdal, H. M. y Kiesselbach, T. A. (1944), Tysdal, H. M., Kiesselbach, T. A. y Westover, H. L. (1942), Wilsie, C. P. y Skory, J. (1948). Estu-

<sup>1</sup>Parte de la tesis del autor principal para optar al título de Ph. D. (Purdue University, Agricultural Experiment Station, Journal Paper 430,5).

Recepción originales: 9 de marzo de 1971.

<sup>2</sup>Ing. Agr., Ph. D., Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile.

<sup>3</sup>Professor of Agronomy, Purdue University, Lafayette, Indiana, USA.

diando vigor de plántula y hábito de crecimiento, crecimiento en invierno y recuperación, Carnahan *et al.* (1960) y Kehr, W. R. (1961), determinaron que la varianza correspondiente a CCG era mayor que la de CCE. El último autor señala que una acción de genes de tipo aditivo era determinante para la expresión del crecimiento de otoño y la recuperación después del corte, pero que el crecimiento primaveral dependía, más bien, de la acción de genes de tipo no aditivo.

Al estudiar la capacidad combinatoria de nueve genotipos que expresaban crecimiento en invierno, Daday, H. (1965), encontró un alto valor de CCG para rendimiento en forraje, en invierno y en verano. CCE resultó significativa sólo en verano, sugiriendo que efectos dominantes y epistáticos se manifestaban principalmente en esta estación.

En cuanto a variedades sintéticas, Tysdal, H. M. y Crandall, B. H. (1948) sugieren que se originan desde cruzamientos o componiendo dos o más strains o clones. Mediante el intercruzamiento de este material, los strains o clones se sintetizan, constituyendo una nueva variedad.

Estudiando los rendimientos de los sintéticos-1 provenientes de varias selecciones de *Melilotus* sp., clasificados en grupos de capacidad combinatoria alta, media y baja, Johnson, I. J. y Hoover, M. M. (1953), determinaron que los primeros y los últimos tendían a producir sintéticos de altos y bajos rendimientos, respectivamente. Los mismos autores encontraron que los rendimientos de los sintéticos-1 se podían predecir a partir del comportamiento de progenies provenientes de la polinización libre de cada genotipo.

En alfalfa, Davis, R. L. (1955) informó la similitud entre el comportamiento de un sintético formado por cuatro clones y la progenie policriada correspondiente a cada clon. El autor señala que, sin embargo, las progenies que se originan de la autofecundación de los clones ofrecían valores de predicción más adecuados.

Kehr, W. R. y Graumann, H. O. (1958) determinaron que los rendimientos de las progenies provenientes de clones de alta CCG, organizados en un policros, mostraron muy poca concordancia con el comportamiento del sintético correspondiente.

Los informes de Tysdal *et al.* (1942) indi-

can la posibilidad de estimar los rendimientos de generaciones avanzadas de sintéticos utilizando la información promedia obtenida desde las líneas autofecundadas o clones.

En maíz, Sprague, G. F. y Jenkins, M. T. (1943), determinaron que la reducción teórica en rendimiento que experimentan los sintéticos en generaciones avanzadas, puede ser calculada restando el comportamiento promedio de las líneas autofecundadas a los valores obtenidos de todos los cruzamientos simples correspondientes, y dividiendo por el número de líneas que intervienen en el sintético.

En un intento por predecir el comportamiento de sintéticos de alfalfa a partir de la información obtenida en los cruzamientos simples de los genotipos correspondientes, Pearson, L. C. y Elling, L. J. (1960) (1961) indicaron que esta práctica puede ser exitosa cuando se trata de características que se heredan en forma aditiva.

Considerando el número óptimo de clones para constituir un sintético, Graumann, H. O. (1952) observó una relación entre esta variable y el rendimiento final de la variedad. Estimando los sintéticos-1 formados por combinaciones de 3-4-5-6 clones, los rendimientos comparativos con respecto al promedio de las variedades testigo, fueron 112-108-103-105, respectivamente. Según Graumann, H. O. y Matlock, R. S. (1952) y Graumann, H. O. y Kehr, W. R. (1954), los rendimientos más altos se obtienen en la primera generación de sintéticos y el mayor cambio se produce entre ésta y la siguiente generación, correspondiendo a una diferencia mayor aun cuando se usan menos clones.

Finalmente, en relación al problema de maximizar el rendimiento en alfalfa, Kehr, W. R., Lowe, C. C. y Graumann, H. O. (1961) expresan que mientras no se mejoren las técnicas para aislar individuos de constitución genética, citogenética y citoplásmica específica, en los cuales sea posible controlar la polinización con el objeto de producir híbridos comerciales, el método más apropiado para utilizar la expresión del vigor híbrido puede ser el uso de sintético de primera generación.

## MATERIALES Y METODOS

De un campo de alfalfa Moapa, infestado de nematodo de la raíz y del tallo (*Meloido-*

*gyne* spp., Göeldi y *Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev), respectivamente, se obtuvieron 51 selecciones clonales. Evaluaciones posteriores permitieron seleccionar seis genotipos capaces de transmitir resistencia a su progenie. Aunque cada una corresponde a una designación experimental específica, para los efectos de este informe se les designarán como C-1, C-2 ..... C-6.

Los ensayos fueron realizados en la Estación Experimental La Platina, ubicada en Santiago de Chile, longitud 70° 38' W, latitud 33° 34' S y a 625 m de altura.

Se hizo un cruzamiento dialelo entre las seis selecciones, siguiendo el Método 3, Modelo I, informado por Griffing, B. A. (1956), con semilla proveniente de los cruzamientos simples de todos los clones. Se hicieron también combinaciones de 4-5-6 clones, originando 22 sintéticos de primera generación.

Los 15 F<sub>1</sub> y sus recíprocos correspondientes, fueron sembrados en bandejas metálicas en el invernadero de la Estación Experimental y trasplantados al campo en enero de 1967, siguiendo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Cada cruzamiento simple ocupó una línea de 4 m de largo con plantas a 0,20 m y espaciadas a 0,50 m entre hileras. La información de rendimiento se obtuvo de las 20 plantas centrales de cada hilera.

Los 22 sintéticos, además de dos variedades testigo, Ligüen y Moapa, fueron también sembrados en bandejas metálicas en el invernadero y posteriormente trasplantados al campo en abril, siguiendo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Las hileras tenían 3 m de longitud y las plantas se distribuyeron a 0,03 m sobre las mismas. La separación entre hileras fue de 0,30 m. Para controlar el efecto de borde, se usaron hileras adicionales a ambos costados del ensayo. Los rendimientos se obtuvieron de los 2 m centrales de cada hilera.

Con anterioridad al establecimiento de los ensayos, se aplicó al suelo 16 Kg de nitrógeno y 92 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. Las condiciones de humedad fueron mantenidas mediante riegos periódicos durante la primavera, verano y otoño. Las cosechas se realizaron cuando los genotipos exhibían 25% de flor, o cuando los nuevos brotes desde la corona tenían a lo menos 5 cm.

Los resultados del ensayo de capacidad com-

binatoria se informan expresando rendimientos totales obtenidos en invierno (3 cosechas), primavera (3 cosechas), verano (3 cosechas) y otoño (2 cosechas). Los resultados del ensayo que estudia el comportamiento de los 22 sintéticos incluye las producciones totales de primavera, verano y otoño, en igual número de cosechas que en el ensayo anterior.

Con la información obtenida del ensayo de capacidad combinatoria se calculó el promedio de los cruzamientos simples, empleando para ello los resultados de las tres estaciones con el objeto de predecir los sintéticos de 4-5-6 clones, de tal modo que el rendimiento teórico del sintético 1-2-3-4-5-6 se hizo promediando los cinco cruzamientos simples que incluían el clon 1; igualmente los cruzamientos simples que comprendían los clones 2-3-4-5-6. La media teórica del sintético-1 correspondiente fue obtenida computando los valores promedios de los cruzamientos simples de los seis clones que lo integraban.

Finalmente, se realizó un estudio de correlación fenotípica y un análisis de regresión lineal simple entre los rendimientos teóricos de cada sintético (X) y los valores observados (Y) obtenidos en las tres estaciones del año agrícola en que se realizó este estudio.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de varianza correspondiente al ensayo de capacidad combinatoria (Cuadro 1), arrojó resultados significativos para CCG en las cuatro estaciones controladas y en su total correspondiente; CCE resultó significativa en invierno, primavera y verano. En otoño no se detectaron efectos específicos del material en estudio.

Los cruzamientos recíprocos no fueron significativos, lo cual estuvo de acuerdo con lo informado por Davis, R. L. y Pantón, C. (1959). Lo anterior sugiere que las autofecundaciones accidentales se mantuvieron dentro de un mínimo, o bien que no se registraron efectos maternos en los seis genotipos.

Correlaciones fenotípicas y genotípicas calculadas para comportamiento combinatorio en invierno y en verano rindieron coeficientes altamente significativos de 0,5062 y 0,5956, respectivamente, lo que está perfectamente de acuerdo con estudios realizados por Morley, F. W. H., Daday, H. y Peak, J. W. (1957).

Cuadro 1 — Cuadros medios del análisis de capacidad combinatoria<sup>1</sup> correspondiente a cosechas hechas en invierno, primavera, verano y otoño de 1967-1968.

CARACTER	CUADROS MEDIOS			
	CCG <sup>2</sup>	CCE <sup>3</sup>	RECIP. <sup>4</sup>	ERROR.
Total invierno	0,243**	0,112**	0,042	0,032
Total primavera	1,350**	0,182**	0,091	0,056
Total verano	4,432**	0,294*	0,127	0,127
Total otoño	0,183**	0,035	0,025	0,020
Total primavera-verano-otoño	13,186**	1,141**	0,493	0,356
Total inv.-prim.-verano-otoño	15,077**	1,930**	0,747	0,475
G. l.	5	9	15	58

<sup>1</sup>Basado en el Método 3, Modelo 1 de Griffing, B. A. (1956).

<sup>2</sup>Capacidad combinatoria general.

<sup>3</sup>Capacidad combinatoria específica.

<sup>4</sup>Efectos recíprocos.

\*, \*\*Significativo al nivel de 0,05 y 0,01, respectivamente.

Las magnitudes relativas de las varianzas de CCG y CCE fueron 2:1 en invierno, pero aumentaron a 7:1 y 15:1 durante primavera y verano. Aunque tanto una acción de genes de tipo aditivo y no aditivo aparecen controlando la expresión de rendimiento de forraje en invierno, primavera y verano, los datos indican que una acción aditiva sería más importante, especialmente durante la época de mayor crecimiento de la alfalfa. Lo anterior concuerda con la información entregada por Theurer, J. C. y Elling, L. J. (1964) y Pearson, L. C. y Elling, L. J. (1961). El crecimiento en otoño está principalmente controlado por una acción de genes de tipo aditivo.

De acuerdo con Beyer, E. H. (1964), Buker, E. J. (1963), y Frakes, R. V., Davis, R. L. y Patterson, F. L. (1961), cuando intervienen en cruzamientos material de poca diversidad genética, generalmente los efectos aditivos resultan más importantes que los no aditivos.

Considerando que los seis genotipos usados en este trabajo fueron seleccionados a partir de la variedad Moapa, la que a su vez es un sintético formado por nueve clones seleccionados de Africana, se podría considerar que a través de procesos de selección y re-selección se dispone de un material de escasa diversidad genética, lo que ayudará a explicar la predominancia de los efectos aditivos de los genes.

Tomando en cuenta los efectos principales de CCG (Cuadro 2), el clon 5 demuestra en invierno una fuerte contribución a rendimiento de forraje. Aunque de un establecimiento pobre, el clon 1 mejora su contribución a lo largo del período controlado, constituyéndose con el clon anteriormente mencionado como los únicos que ofrecen efectos significativos de CCG. Los clones 2-3-4-6 fueron clasificados como pobres en cuanto a su efecto de CCG.

Las combinaciones que exhibieron mayores efectos específicos en invierno, primavera y verano (Cuadro 3), fueron 4 × 5 y 1 × 6. Aunque en un nivel inferior, también están contribuyendo a la producción de forraje los cruzamientos 2 × 3, 5 × 6 y 1 × 4. En contraste, los cruzamientos simples que incluyeron 1 × 5, 4 × 6 y 2 × 6 fueron consistentemente pobres.

Cuadro 2 — Estimación de efectos de capacidad combinatoria general para cortes hechos en invierno, primavera, verano y otoño, 1967-1968.

CLON	EFECTOS DE CAPACIDAD COMBINATORIA GENERAL ( $\hat{g}_i$ )				TOTAL PRIM.-VER.-INV.	TOTAL INV.-PRIM.-VER.-OTOÑO
	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO		
C-1	0,001	0,740	1,375	0,196	2,312	2,312
C-2	-0,125	-0,203	-0,504	-0,190	-0,898	-1,022
C-3	-0,137	-0,303	-0,462	-0,015	-0,749	-0,887
C-4	-0,060	-0,300	-0,450	-0,134	-0,883	-0,943
C-5	0,337	0,222	0,345	0,145	0,711	1,048
C-6	-0,015	-0,155	-0,303	-0,030	-0,493	-0,509
S. E. ( $\hat{g}_i - \hat{g}_j$ )	0,089	0,118	0,179	0,070	0,298	0,345

Cuadro 3 — Estimaciones de capacidad combinatoria específica para cosechas realizadas en invierno, primavera, verano y otoño, 1967-1968.

CLON	CARACTER	CLON				
		C - 2	C - 3	C - 4	C - 5	C - 6
C-1	Invierno	0,007	—0,007	0,147	—0,365	0,217
	Primavera	0,087	—0,058	0,045	—0,508	0,435
	Verano	0,085	—0,307	0,337	—0,524	0,409
	Prim.-verano-otoño	0,204	—0,330	0,464	—1,275	0,939
	Inv.-prim.-vera.-otoñ.	0,215	—0,340	0,612	—1,640	1,153
C-2	Invierno		0,190	—0,057	—0,029	—0,112
	Primavera		0,150	—0,003	—0,106	—0,128
	Verano		0,347	—0,105	—0,135	—0,192
	Prim.-verano-otoño		0,420	—0,142	—0,125	—0,357
	Inv.-prim.-vera.-otoñ.		0,609	—0,195	—0,161	—0,469
C-3	Invierno			—0,115	—0,098	0,030
	Primavera			0,012	0,080	—0,183
	Verano			—0,112	0,028	0,045
	Prim.-verano-otoño			—0,180	0,121	—0,030
	Inv.-prim.-vera.-otoñ.			—0,300	0,029	0,002
C-4	Invierno				0,306	—0,302
	Primavera				0,302	—0,356
	Verano				0,387	—0,506
	Prim.-verano-otoño				0,845	—0,987
	Inv.-prim.-vera.-otoñ.				1,170	—1,287
C-5	Invierno					0,166
	Primavera					0,232
	Verano					0,244
	Prim.-verano-otoño					0,435
	Inv.-prim.-vera.-otoñ.					0,602
		INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	PRIM.-VERANO-OTOÑO	INVIER.-PRIM.-VERANO-OTOÑO
S. E. ( $\hat{S}_{1j}, \hat{S}_{1k}$ )	0,155	0,205	0,309	0,517	0,597	
S. E. ( $\hat{S}_{1j}, \hat{S}_{21}$ )	0,126	0,167	0,253	0,422	0,487	

Dos clones que demostraron altos efectos principales de CCG a través de las cuatro estaciones controladas, produjeron la combinación específica más pobre. Casos similares fueron informados por Theurer, J. C. y Elling, L. J. (1964).

Los datos recientemente mencionados, y de acuerdo a Tysdal, H. M. y Crandall, B. H. (1948), sugieren que una combinación sintética sería la forma más apropiada de utilizar ventajosamente los genotipos considerados. No se descarta la posibilidad de ensayar las combinaciones  $4 \times 5$  y  $1 \times 6$  como sintéticos formados por dos clones.

Los cuadrados medios correspondientes a los rendimientos de primavera, verano y oto-

ño de los 22 sintéticos considerados en esta investigación, están incluidos en el Cuadro 4. Los genotipos mostraron diferencias significativas sólo en otoño.

Las medias correspondientes se incluyen en el Cuadro 5. A pesar que los sintéticos: 1-2-3-4-5-6; 1-2-3-4-5; 1-2-4-5 y 1-3-4-6 produjeron significativamente más forraje que Moapa en otoño, en general el comportamiento de los sintéticos fue bastante uniforme en las tres estaciones estudiadas, lo que probablemente se debió a los bajos efectos de CCE detectados y a la poca diversidad genética de los padres.

En el Cuadro 6 se incluye el análisis de varianza de los valores esperados de los sin-

**Cuadro 4 — Análisis de varianza de rendimiento en forraje de sintéticos-1. Toneladas de materia seca/hectárea.**

CARACTER	MEDIOS CUADRADOS			
	BLOQUES	GENOTIPOS	ENTRE GRUPOS DE GENOTIPOS <sup>1</sup>	ERROR
Primavera	0,714*	0,325		0,204
Verano	4,030*	1,366		0,848
Otoño	0,233	0,467**	0,585*	0,188
Primavera-verano-otoño	2,674	4,366		2,486
G. l.	2	23	4	46

<sup>1</sup>Los grupos son: Sintético-1 formados por 4-5-6 clones y las variedades Ligüen y Moapa. Se calculó solamente cuando los genotipos resultaron significativos.

\*, \*\*Significativo al nivel de 0,05 y 0,01, respectivamente.

**Cuadro 5 — Rendimiento promedio de 22 sintéticos-1 y dos variedades testigo durante primavera, verano y otoño, 1967-1968.**

GENOTIPOS	RENDIMIENTO PROMEDIO DE FORRAJE EN TONELADAS DE MATERIA SECA POR HECTAREA			
	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	TOTAL PRIMAVERA VERANO Y OTOÑO
1 2 3 4 5 6	4,99 a*	9,90 a	4,27 a	19,15 a
1 2 3 4 5	5,03 a	8,76 a	4,21 a	18,00 a
1 2 3 4 6	4,26 a	7,04 a	3,17 cd	14,46 a
1 2 3 5 6	4,18 a	7,78 a	3,97 abc	15,92 a
1 2 4 5 6	4,49 a	8,08 a	3,82 abc	16,39 a
1 3 4 5 6	4,43 a	7,52 a	3,75 abc	15,70 a
2 3 4 5 6	4,53 a	7,03 a	3,55 abcd	14,35 a
3 4 5 6	4,76 a	7,90 a	3,85 abc	16,51 a
2 4 5 6	4,40 a	7,24 a	3,19 cd	14,83 a
2 3 5 6	5,17 a	8,65 a	3,33 bcd	17,16 a
2 3 4 6	4,66 a	6,82 a	2,78 d	14,26 a
2 3 4 5	4,02 a	8,00 a	3,78 abc	16,80 a
1 4 5 6	4,30 a	7,63 a	3,58 abcd	15,51 a
1 3 5 6	4,65 a	8,45 a	4,35 a	17,45 a
1 3 4 6	4,60 a	8,16 a	4,07 ab	16,83 a
1 3 4 5	4,24 a	7,78 a	3,67 abc	15,70 a
1 2 5 6	4,39 a	8,13 a	3,75 abc	16,27 a
1 2 4 6	4,69 a	7,26 a	3,56 abcd	15,52 a
1 2 4 5	4,86 a	8,66 a	4,18 ab	17,70 a
1 2 3 6	4,27 a	7,97 a	3,95 abc	16,19 a
1 2 3 5	4,63 a	7,74 a	3,75 abc	16,13 a
1 2 3 4	4,91 a	7,97 a	3,86 abc	16,74 a
Ligüen	5,28 a	8,29 a	4,08 ab	17,66 a
Moapa	5,16 a	8,43 a	3,15 cd	16,75 a

\*Las medias unidas por la misma letra no son diferentes al nivel de 0,05, según Duncan.

**Cuadro 6 — Análisis de varianza del rendimiento esperado de sintéticos-1. Toneladas de materia seca/hectárea.**

CARACTER	MEDIOS CUADRADOS			
	BLOQUES	GENOTIPOS	ENTRE GRUPOS DE GENOTIPOS <sup>1</sup>	ERROR
Primavera	0,478**	0,144*	0,002	0,005
Verano	1,405**	0,469**	0,042	0,026
Otoño	0,565**	0,027**	0,003	0,010
Primavera-verano-otoño	6,182**	1,373**	0,003	0,047
G. l.	2	21	2	43

<sup>1</sup>Los grupos son: Sintético-1 formados por 4-5-6 clones. Se calculó solamente cuando los genotipos resultaron significativos.

\*, \*\*Significativo al nivel de 0,05 y 0,01, respectivamente.

téticos, según fueron calculados desde los cruzamientos simples del ensayo de capacidad combinatoria.

Se detectaron diferencias significativas al nivel de 0,01 entre los valores esperados de los sintéticos en las tres estaciones y las medias correspondientes se incluyen en el Cuadro 7.

Al desarrollar una variedad sintética de alfalfa, la elección de las combinaciones más apropiadas es siempre un problema importante. Kehr, W. R. (1965) sugiere el uso de sintéticos de primera generación como el método más apropiado de utilización de la heterosis, hasta que se perfeccionen los procedimientos de producción de híbridos. Los estudios que tienden a predecir el comportamiento de combinaciones sintéticas ayudarán al mejorador en el criterio de selección final de sus genotipos superiores.

Con el objeto de aportar información adicional acerca de la predicción de sintéticos, se realizó un análisis de correlación y de regresión lineal simple entre los valores esperados de los sintéticos de primera generación (X) y los datos observados (Y) de rendimiento en forraje; los coeficientes de correlación y las ecuaciones de predicción correspondientes, se incluyen en el Cuadro 8.

Los datos analizados indican valores significativos de los coeficientes de correlación y regresión para el forraje producido en otoño. Considerando que en otoño fueron detec-

Cuadro 7 — Rendimiento esperado de 22 sintéticos-1 durante primavera, verano y otoño, 1967-1968.

GENOTIPOS	RENDIMIENTO ESPERADO DE FORRAJE EN TONELADAS DE MATERIA SECA POR HECTAREA			
	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	TOTAL PRIMAVERA VERANO Y OTOÑO
1 2 3 4 5 6	3,88 ghi*	4,54 ef	2,07 abc	10,65 de
1 2 3 4 5	3,94 efgh	4,83 cde	2,08 abc	10,85 cd
1 2 3 4 6	3,79 i	4,58 e	2,01 bcd	10,36 ef
1 2 3 5 6	4,00 cdefg	4,89 bcd	2,12 abc	10,89 bcd
1 2 4 5 6	3,99 cdefg	4,89 bcd	2,06 abc	10,94 bcd
1 3 4 5 6	4,02 bcdef	4,91 bcd	2,14 abc	11,01 bcd
2 3 4 5 6	3,58 j	4,16 g	1,99 bcd	9,74 g
3 4 5 6	3,62 j	4,28 fg	2,06 abc	9,98 g
2 4 5 6	3,65 j	4,20 g	1,97 cd	9,81 g
2 3 5 6	3,66 j	4,30 fg	2,05 abc	10,01 fg
2 3 4 6	3,31	3,76	1,86 d	8,92
2 3 4 5	3,66 j	4,24 g	2,05 abc	9,90 g
1 4 5 6	4,15 ab	5,25 a	2,14 ab	11,54 a
1 3 5 6	4,12 abc	5,17 ab	2,22 a	11,51 a
1 3 4 6	3,85 hi	4,76 de	2,10 abc	10,72 de
1 3 4 5	4,04 bcde	5,08 abc	2,17 ab	11,28 ab
1 2 5 6	4,18 a	5,14 ab	2,12 abc	11,43 a
1 2 4 6	3,93 efgh	4,77 de	1,99 bcd	10,69 de
1 2 4 5	4,08 abcd	5,10 abc	2,11 abc	11,27 ab
1 2 3 6	3,97 defgh	4,82 cde	2,09 abc	10,88 bcd
1 2 3 5	4,05 bcde	5,00 abcd	2,13 abc	11,17 abc
1 2 3 4	3,89 fghi	4,73 de	2,00 bcd	10,61 de

\*Las medias unidas por la misma letra no son diferentes al nivel de 0,05, según Duncan.

Cuadro 8 — Coeficientes de correlación y ecuaciones de predicción que se originan de un análisis de regresión que incluye los rendimientos esperados de 22 sintéticos-1(X) y los rendimientos reales de estos genotipos (Y) en toneladas de materia seca/hectárea.

SINTETICOS-1 ESPERADOS = X	SINTETICOS-1 REALES = Y	
	COEFICIENTES DE CORRELACION	ECUACIONES DE PREDICION $\hat{Y} = a + b X$
Rendimiento primavera	-0,206	$\hat{Y} = 6,174 - 0,396 X$
Rendimiento verano	0,050	$Y = 7,390 + 0,115 X$
Rendimiento otoño	0,308*	$\hat{Y} = 1,864 + 0,904* X$
Rendimiento primavera-verano-otoño	0,169	$Y = 12,319 + 0,369 X$

\*Significativo al 0,05.

tados sólo valores significativos de CCG, el análisis de correlación y regresión sugieren la posibilidad de predecir el comportamiento de la primera generación de sintéticos cuando las características consideradas se he-

redan en forma aditiva. Lo recién expresado está en concordancia con lo informado por Pearson, L. C. y Elling, L. J. (1960) (1961), en estudios de predicción de sintéticos de segunda generación.

## RESUMEN

Se estudió la capacidad combinatoria general y específica (CCG y CCE) de seis clones de alfalfa, además del comportamiento de estos genotipos en sintéticos de primera generación (Sintético-1), organizados en grupos de 4-5-6 combinaciones clonales.

Aunque se determinó que una acción de genes de tipo aditivo y no aditivo estaría controlando la expresión de rendimiento de forraje en invierno, primavera y verano, las magnitudes relativas de las varianzas, indican que CCG fue más importante, lo que corrobora estudios previos en genotipos de poca diversidad genética. El crecimiento en otoño fue controlado por genes de tipo aditivo.

El análisis de los sintéticos de primera generación no indicó una clara ventaja de combinar 4-5 ó 6 clones. Los rendimientos en forraje resultaron bastante uniformes, probablemente por los bajos efectos de la poca diversidad genética de los padres.

Un análisis de correlación y regresión lineal simple realizado entre los valores esperados y los observados para rendimiento de forraje de sintético-1, indican la posibilidad de predecir el comportamiento de los sintéticos de primera generación cuando se consideran características que se heredan en forma aditiva.

## SUMMARY

Studies of general and specific combining ability (GCA and SCA) were performed on six alfalfa clones. Also, yield of all possible 4-5-6 clones Syn-1 combinations were considered.

Although additive and non-additive gene action appear to be responsible for the expression of yield in winter, spring and summer, mean square ration indicated that GCA was more important than SCA, which substantiates suggestions made for genotypes of less wide genetic diversity. Fall growth was controlled mainly by additive gene action.

The analysis of the Syn-1 combinations did not suggest a clear superiority for 4-5 or 6 clones synthetics. Yields were quite uniform probably due to the low SCA effects and the limited genetic diversity of the parents.

Phenotypic correlation and simple linear regression analysis performed between expected and actual Syn-1, showed a significant correlation and regression only when additive gene action was predominant.

## LITERATURA CITADA

- BEYER, E. H. 1964. General and specific combining ability in a diallel series among twenty-one alfalfa clones. Ph. D. Thesis, Purdue University.
- BOLTON, J. L. 1948. A study of combining ability of alfalfa in relation to certain methods of selection. *Sci. Agr.* 28: 97-126.
- BUKER, E. J. 1963. General and specific combining ability in alfalfa. Ph. D. Thesis, Purdue University.
- CARNAHAN, H. L., HOVIN, A. W., GRAUMANN, H. D., KEHR, W. R., DAVIS, R. L., ELLING, L. J. and HANSON, C. H. 1960. General versus specific combining ability in alfalfa for seedling vigor and growth habit in the year of establishment. *Agron. Journ.* 52: 511-516.
- DADAY, H. 1965. General and specific combining ability for forage yield in lucerne (*Medicago sativa* L.). *Austr. Journ. Agric. Res.* 16: 203-209.
- DAVIS, R. L. 1955. An evaluation of  $S_1$  and poly-cross progeny testing in alfalfa. *Agron. Journ.* 47: 572-576.
- and PANTON, C. 1959. Measures of general and specific combining ability in alfalfa. *Agron. Abst.* p. 56.



- FRAKES, R. V., DAVIS, R. L. and PATTERSON, F. L. 1961. The breeding behavior of yield and related variables in alfalfa. III. General and specific combining ability. *Crop Sci.* 1: 210-212.
- GRAUMANN, H. O. 1952. The polycross method of breeding in relation to synthetics varieties and recurrent selection of new clones. *Proc. 6th Int. Grass. Congr.* pp. 314-319.
- and KEHR, W. R. 1954. The performance of 2-clones and multiple clone combinations in advance generation. *Mimeo. 14th Alf. Impr. Conf.*: 37-39.
- and MATLOCK, R. S. 1952. Yield performance of synthetics in the first and subsequent generations following synthesis. *Mimeo. 13th Alf. Impr. Conf.*: 22-24.
- GRIFFING, B. A. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. Journ. Biol. Sci.* 9: 463-493.
- JINKS, J. L. and HAYMAN, B. I. 1953. The analysis of diallel crosses. *Maize Genetic Cooperative Newsletter.* 27: 48-54.
- JOHNSON, I. J. and HOOVER, M. M., Jr. 1953. Comparative performance of actual and predicted synthetic variety in sweet clover. *Agron. Journ.* 45: 595-598.
- KEHR, W. R. 1965. Methods of Syn-1 generation seed production of two 4-clone alfalfa synthetics in relation to their Syn-1 and Syn-2 field performance. *Crop. Sci.* 5: 326-328.
- 1961. General and specific combining ability for four agronomic traits in a diallel series among six alfalfa clones. *Crop. Sci.* 1: 53-55.
- and GRAUMANN, H. O. 1958. Specific combining ability in alfalfa. *Report of the 16th Alf. Impr. Conf.*: 1-16.
- , LOWE, C. C. and GRAUMANN, H. O. 1961. Use of first and advanced generation two clone synthetics as parents of four clones synthetics of alfalfa. *Crop Sci.* 1: 355-358.
- MATHER, R. 1949. *Biometrical genetics.* Dover Publ. Inc. USA. 158 p.
- MORLEY, F. W. H.; DADAY, H. and PEAK, J. W. 1957. Quantitative inheritance in lucerne *Medicago sativa* L. I. Inheritance and selection for winter yield. *Austr. Journ. Agric. Res.* 8: 635-651.
- PEARSON, L. C. and ELLING, L. J. 1960. Predicting disease resistance in synthetics varieties of alfalfa from clonal cross data. *Agron. Journ.* 52: 291-293.
- and —————. 1961. Predicting synthetic varietal performance in alfalfa from clonal cross data. *Crop. Sci.* 1: 263-266.
- ROJAS, A. B. and SPRAGUE, F. G. 1952. A comparison of variance components in corn yield trials. III. General and specific combining ability and their interaction with locations and years. *Agron. Journ.* 44: 462-466.
- SPRAGUE, G. F. and JENKINS, M. T. 1943. Comparison of synthetic varieties, multiple crosses and double crosses in corn. *Journ. Amer. Soc. Agron.* 35: 137-148.
- and TATUM, L. A. 1942. General versus specific combining ability in single crosses of corn. *Journ. Amer. Soc. Agron.* 34: 923-32.
- THEURER, J. C. and ELLING, L. J. 1964. Comparative performance of diallel crosses and related second generation synthetics of alfalfa *Medicago sativa*. III. Forage Yield. *Crop Sci.* 4: 25-28.
- TYSDAL, H. M. and CRANDALL, B. H. 1948. The polycross progeny performance as an index of the combining ability of alfalfa clones. *Agron. Journ.* 40: 293-306.
- and KIESSELBACH, T. A. 1944. Hybrid alfalfa. *Journ. Amer. Soc. Agron.* 36: 649-667.
- and ————— and WESTOVER, H. L. 1942. Alfalfa breeding. *Nebraska Agr. Exp. Sta. Res. Bull.* 124.
- WILSIE, C. P. and SKORY, J. 1948. Self-fertility of erect and pasture type alfalfa clones as related to the vigor and fertility of their inbred and outcrossed progenies. *Agron. Journ.* 40: 786-794.
- YATES, F. 1947. The analysis of data from all possible reciprocal crosses between a set of parental lines. *Heredity.* 1: 287-301.