

Evaluación de los componentes del rendimiento en semilla mediante coeficientes de sendero en poblaciones de agropiro alargado

Abbott, L.; S. Pistorale y A. Andrés

RESUMEN

Diez poblaciones de *Thinopyrum ponticum* (agropiro alargado) se estudiaron para determinar la relación existente entre el rendimiento en semilla y sus componentes mediante el método de coeficientes de sendero. El rendimiento total de semillas por planta fue la variable dependiente, y las variables independientes (componentes) fueron: número de espigas por planta, número de espiguillas por espiga, largo de espiga y peso de 1000 semillas. El efecto directo de número de espigas fue alto en todas las poblaciones, con valores entre 0,82 y 0,55. El efecto indirecto del número de espiguillas vía número de espigas y del largo de espiga vía número de espigas varió de 0,11 a 0,29 y de 0,17 a 0,33 respectivamente para nueve de las poblaciones, excepto una cuyos valores fueron muy bajos. Los coeficientes de determinación del sistema (R^2) variaron entre 70 y 53% y el componente que más contribuyó fue el número de espigas por planta. Sólo una población mostró un R^2 de 33%, aparentemente debido a los muy bajos valores de correlación entre las variables componentes. Esta metodología brinda información que facilita la selección en un programa de mejoramiento genético orientado hacia la obtención de cultivares de alto rendimiento en semillas.

Palabras clave: correlaciones fenotípicas, mejoramiento genético, variabilidad interpoblacional, *Thinopyrum ponticum*.

Abbott, L.; S. Pistorale and A. Andrés, 2009. Seed yield components evaluation using path coefficients in tall wheatgrass populations. Agriscientia XXVI (2): 55-62

SUMMARY

Ten populations of *Thinopyrum ponticum* (tall wheatgrass) were evaluated to determine the relationship between seed yield and its components using the method of path coefficients. The total yield of seeds per plant was the dependent variable and independent variables (components) were: number of spikes per plant, number of spikelets per spike, spike length and weight of 1000 seeds. The direct

effect of number of spikes was high in all populations with values between 0.82 and 0.55. The indirect effect of number of spikelets via number of spikes and length of spikes via number of spikes had values from 0.11 to 0.29 and 0.17 to 0.33 respectively for nine of the populations, except one whose values were very low. The coefficient of total determination of the system (R^2) values ranged between 70% and 53% and the component that contributed the most was the number of spikes per plant. Only one population showed an R^2 of 33% apparently due to very low correlation values between the component variables. This methodology should provide information to facilitate selection in a breeding program, oriented toward the obtainment of high performance cultivars in seed production.

Key words: genetic improvement, phenotypic correlations, interpopulation variability, *Thinopyrum ponticum*

L. Abbott y S. Pistorale; Departamento de Ciencias Básicas, U. N. de Luján, CC 221 (6700) Luján, Buenos Aires, Argentina. A. Andrés, INTA-EEA Pergamino, Ruta 32 km 4,5 (2700) Pergamino, Buenos Aires, Argentina. Correspondencia a L. Abbott: genetica@unlu.edu.ar

INTRODUCCIÓN

Las especies forrajeras de importancia agronómica, nativas y/o naturalizadas, constituyen un recurso disponible para desarrollar en áreas marginales debido a que están adaptadas a las condiciones específicas del ambiente y por lo general no han sido suficientemente explotadas. Existen ejemplos de introducción de especies que al estado poblacional y sin mejora genética han demostrado un comportamiento superior al de las variedades en uso (Burton, 1979).

Uno de los atributos evolutivos más importantes de las especies nativas y naturalizadas, es la adaptación a condiciones ambientales y de manejo extremas en zonas marginales del país, por ejemplo, en suelos anegables o secos, con altas concentraciones salinas, o en suelos poco fértiles, bajo condiciones de sobrepastoreo o subpastoreo. Esta característica evolutiva que comprendió extensos períodos de tiempo, ha promovido una importante variabilidad genética y plasticidad fenotípica en la mayoría de las especies del pastizal. La colección de ecotipos adaptados a diferentes condiciones ecológicas y de manejo es, por lo tanto, una fuente de germoplasma que puede proveer la variabilidad y plasticidad necesarias para desarrollar programas de mejoramiento genético (Duyvendak & Lue-sink, 1979).

La producción de alimentos para el ganado tiene

su base en la utilización de los pastos y forrajes y uno de los factores que limitan el uso de los pastos es la disponibilidad de semilla.

Los objetivos principales en la obtención de nuevas variedades se centran en la producción de forraje, la estacionalidad de la producción, la persistencia, la calidad y los factores relacionados con la reproducción. Entre estos, la producción de semilla es uno de los aspectos de mayor interés tanto para el fitomejorador como para los productores y empresas semilleras.

La producción de semilla tiene influencia directa o indirecta de varios caracteres agronómicos tales como la altura de planta, área foliar, producción de materia seca, ancho y largo de la hoja bandera (Griffiths, 1965). Por lo tanto, en la mejora de la producción de semillas forrajeras es importante tener una comprensión clara de las relaciones entre la producción de semilla y estos caracteres agronómicos entre otros.

La mejora en el rendimiento en semillas implica la utilización de ciertas estrategias, entre las que se destaca el estudio de los componentes de rendimiento (Poehlman & Sleper, 1996), es decir, aquellas características morfológicas y reproductivas cuya interacción permitirá el rendimiento final.

Los coeficientes de correlación, a pesar de ser de gran utilidad en la cuantificación de la magnitud

y dirección de las influencias de factores en la determinación de caracteres complejos, no indican la exacta importancia de los efectos directos e indirectos que esos caracteres componentes tienen sobre el rendimiento (Singh & Chaudhary, 1977; Vencovsky y Barriga, 1992; Cruz y Regazzi, 1997). Un coeficiente de correlación alto o bajo entre dos variables puede ser el efecto de una tercera variable o grupo de variables.

El método analítico de coeficientes de sendero (*path coefficient analysis*) permite descomponer correlaciones entre dos variables (X e Y) en una suma del efecto directo de X sobre Y y los efectos indirectos de X sobre Y vía otras variables independientes en un sistema de correlaciones. El objetivo del análisis de sendero (Wright, 1921) es proveer posibles explicaciones causales de las correlaciones observadas entre una variable respuesta (dependiente) y una serie de variables predictoras (independientes). En el análisis de sendero se pretende construir modelos de causa-efecto entre las variables a través de la disección de la correlación entre dos variables como la suma de dos tipos de efectos, estos son efectos directos de una variable sobre otra (senderos simples) y efectos indirectos de una variable sobre otra vía una o más variables independientes (senderos compuestos). (InfoStat, 2001, Manual del usuario, Versión 1).

En la mejora de plantas se han desarrollado varios trabajos mediante coeficientes de sendero de gran significancia para el mejorador en la formulación de procedimientos apropiados para la selección (Dewey & Lu, 1959; Milligan *et al*, 1990). Esta metodología no muy difundida en la Argentina, se aplicará para determinar la relación existente entre el rendimiento en semilla y sus componentes en agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum* (Podp) Barkworth et Dewey), denominado también *Agropyron elongatum* (Host) Beauv y *Elytrigia pontica* ((Podp) Holub).

El agropiro alargado es una gramínea forrajera perenne introducida en Argentina, presenta un crecimiento cespitoso, con un macollaje importante formando matas muy densas, y puede medir entre 70 y 180 cm de altura cuando está florecida. Su sistema radicular es homorizo, poderoso y profundo. Sus hojas son largas, rígidas, verdes o glaucas, menores de 10 mm de ancho. La inflorescencia es una espiga dística de 12 a 25 cm de largo. Presenta espiguillas con 5 a 10 flores y el cariopse es lineal y fusiforme. Produce mucho forraje durante todo el año pero su máxima producción ocurre en primavera. Se utiliza para la producción de heno y forraje ensilado (Asay & Knowles, 1985).

Es uno de los pastos más tolerantes a la salinidad de los suelos (Rogers & Bailey, 1963; McGuire & Dvorak, 1981) y el más adecuado para la siembra en situaciones donde el suelo está muy húmedo o con agua durante el invierno y se seca para formar una corteza dura en verano (Oram, 1990). En la Argentina es la gramínea forrajera naturalizada más cultivada en suelos con limitaciones por alcalinidad y/o salinidad.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento en semilla de 10 poblaciones de agropiro alargado y determinar la influencia de los componentes que más afectan al rendimiento, a través del análisis de coeficientes de sendero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

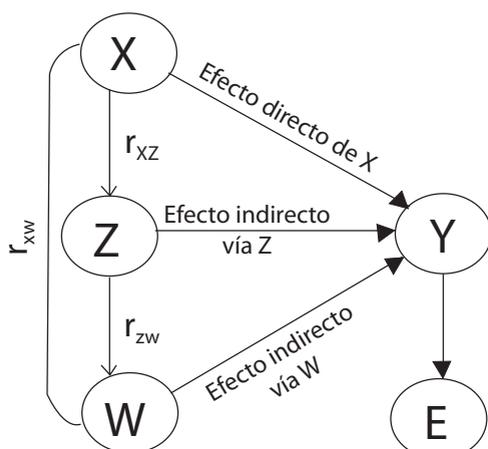
En marzo de 2003 se colectaron en forma masal espigas maduras de 10 poblaciones naturalizadas de agropiro alargado de la Cuenca del Salado (Pcia. de Buenos Aires, Argentina). Las semillas provenientes de las espigas se sembraron en invernáculo en mayo y al estado de tres macollos se trasplantaron a campo 90 plantas por población.

Los caracteres evaluados por planta individual fueron los siguientes: 1) número de espigas 2) número de espiguillas por espiga 3) largo de la espiga, medido desde la inserción hasta el extremo, en centímetros; se midieron tres espigas por planta y se calculó el promedio; 4) peso de 1000 semillas, en gramos y 5) producción total de semillas llenas, en gramos, considerado el rendimiento en semilla. Las espigas se cosecharon a medida que maduraron y se guardaron en bolsas de papel hasta su evaluación en el laboratorio.

Diseño y análisis estadístico

El ensayo se realizó en el campo experimental de la Estación Experimental Agropecuaria Pergamino del INTA (Buenos Aires). Se realizó un diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones y 10 tratamientos (poblaciones).

El método analítico de coeficientes de sendero (*path analysis*) permite descomponer la correlación entre un componente (X) y el producto final, en este caso el rendimiento (Y), en un efecto "directo" de X sobre Y y en efectos "indirectos" de X sobre Y, los que se hacen efectivos por vía de la relación de X con otros componentes de Y (Z, W, etc). Esta relación funcional se describe esquemáticamente en la Figura 1. El efecto "directo" puede interpretarse



El componente X puede determinar un efecto directo sobre Y, el que puede ser modificado por efectos indirectos vía otros componentes de Y también asociados con X. De estas relaciones funcionales deriva el valor del coeficiente de correlación simple r_{XY} . E: efectos residuales no explicados por los otros componentes.

Figura 1. Relación funcional entre componentes del rendimiento (Y).

como una correlación parcial de X e Y, una vez excluidos los efectos de W y Z. La estimación de los efectos directos e indirectos de componentes sobre el producto final se efectúa a partir de la resolución de un sistema de ecuaciones que tendrá tantas incógnitas como componentes investigados. En un sistema donde Y está definido por los componentes X, Z y W, los efectos directos de cada componente estarían definidos por los valores que asumen P_{XY} , P_{WY} y P_{ZY} en el siguiente sistema:

$$\begin{aligned} r_{XY} &= P_{XY} + r_{XW} + P_{WY} + r_{XZ} P_{ZY} \\ r_{WY} &= r_{XW} P_{XY} + P_{WY} + r_{WZ} P_{ZY} \\ r_{ZY} &= r_{XZ} P_{XY} + r_{ZW} P_{WY} + P_{ZY} \end{aligned}$$

donde r es el coeficiente de correlación, P es el efecto directo y los subíndices definen las variables relacionadas.

La determinación total (R^2) del carácter Y a partir de los componentes se efectúa mediante:

$$R^2 = r_{XY} P_{XY} + r_{WY} P_{WY} + r_{ZY} P_{ZY}$$

Si como suele ocurrir con los componentes del rendimiento, no se trata de un sistema totalmente definido tal que dichos componentes explican el 100% de la variación en Y, debe incluir el componente E para considerar efectos residuales no previstos en el sistema (Mariotti, 1986).

Los caracteres se analizaron utilizando el programa estadístico InfoStat versión 1 (2001). Se realizó un análisis de varianza para determinar la existencia de variabilidad fenotípica de todas las variables. Las correlaciones fenotípicas (r) se calcularon

utilizando el coeficiente de correlación de Pearson, como medida de la magnitud de la asociación lineal entre dos variables, el cual no depende de las unidades de medida de las variables originales. El coeficiente de sendero (*path analysis*) se realizó mediante el submenú análisis de sendero de InfoStat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estadísticos descriptivos

La media \pm el error estándar de los caracteres evaluados se muestra en la Figura 2. Se calculó el coeficiente de variación para todos los caracteres. El rendimiento presentó el mayor coeficiente de variación, con valores entre 71,87% y 118,48%. El número de espigas por planta tuvo una variabilidad intermedia con valores entre 46,16% y 59,92%. El largo de espiga tuvo bajos valores de coeficiente de variabilidad, entre 15,80% y 23,64%. También fueron bajos los valores para peso de 1000 semillas (entre 13,92% y 19,55%) y para número de espiguillas por espiga (entre 15,34% y 19,80%).

Análisis de la varianza

Mediante un análisis de varianza se calculó la variabilidad entre las poblaciones para los distintos caracteres. Esta variabilidad fue muy significativa para peso de 1000 semillas y rendimiento; significativa para número de espigas por planta y número de espiguillas por espiga, y no mostró diferencias significativas para largo de espigas por planta.

La magnitud de la variación presente en la naturaleza es inmensa, y esto ha sido documentado por Bradshaw (1984) y por Briggs & Walters (1984), quienes indican que la variabilidad genética presente en poblaciones de especies vegetales puede clasificarse en inter-específica, intra-específica e intra-poblacional. La cantidad de variabilidad en estos distintos niveles es afectada por diversos factores, entre ellos: a) el rango ecológico y geográfico de cada especie; b) la ubicación geográfica; c) la heterogeneidad ambiental y d) el sistema reproductivo de la especie. En la determinación de la cantidad de variación genética entre y dentro de poblaciones los factores a) y c) son los más importantes.

La variación existente entre poblaciones estuvo asociada a la heterogeneidad ambiental que caracteriza los sitios de recolección de cada una de las poblaciones. Esto se vio reflejado en las medias fenotípicas de cada población para los distintos caracteres analizados. Es posible observar agrupaciones poblacionales para distintos caracteres.

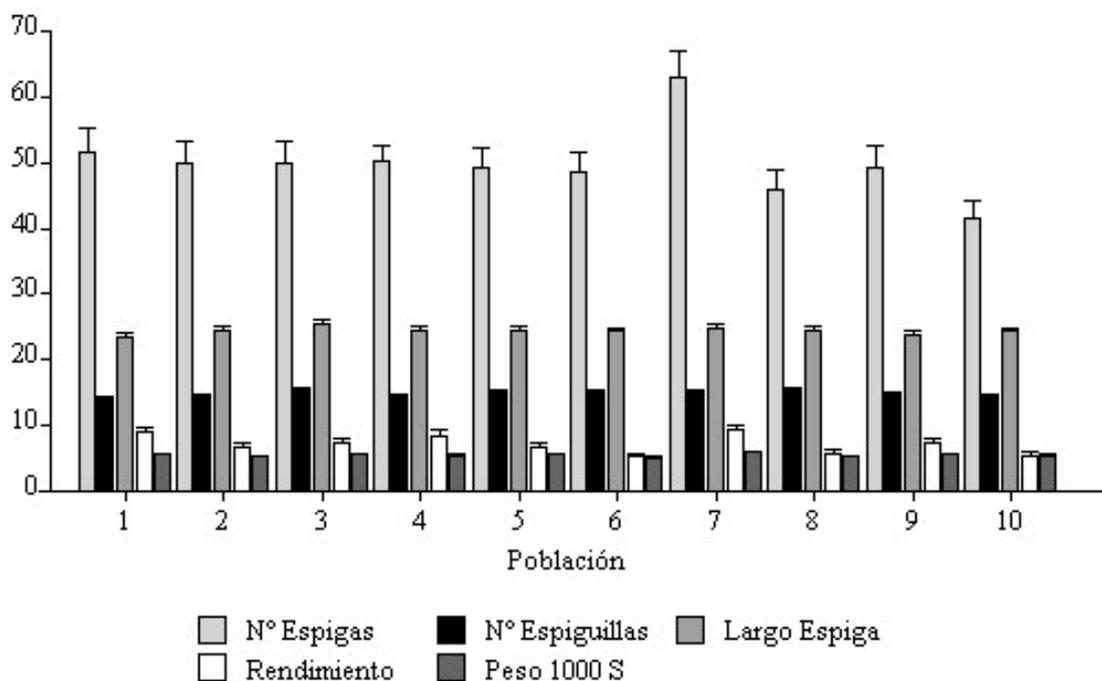


Figura 2. Media \pm error estándar para los caracteres estudiados en las 10 poblaciones de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*).

Por ejemplo, para el rendimiento en semilla, donde la variabilidad fue muy significativa, las plantas de las poblaciones 1, 4 y 7 fueron las de mayor rendimiento. Estas poblaciones fueron recolectadas de campos con suelos hidromórficos, es decir con problemas de drenaje pero no de salinidad por sodio. La carga animal era baja, con pulsos de pastoreo acordes con la disponibilidad de forraje. En estos sitios la presión de selección fue menor, las condiciones del suelo menos extremas, y se obtuvo una mayor producción de semilla.

Las poblaciones 6, 8 y 10 fueron las de menor rendimiento en semilla. Estas poblaciones fueron recolectadas de potreros ubicados en terrenos bajos, ya sea a pie de loma o inundados, situación que provoca un manejo mucho más laxo de la pastura acorde a los momentos del año en que los excesos de agua son controlados naturalmente, ya sea por escurrimiento lento o por sequía. Los suelos de estos campos son del tipo hidro-halomórficos, con problemas de salinidad en superficie, de manera que ambos factores podrían explicar el menor rendimiento en semillas. La presión de selección favorece la adaptación y persistencia a esas condiciones ambientales y no el mayor rendimiento.

Las poblaciones 2, 3, 5 y 9 tuvieron rendimientos intermedios. Las poblaciones 2 y 3 fueron recolectadas en sitios con suelos hidromórficos, con pendientes bajas y poca permeabilidad. La diferencia

entre ambas es que los suelos de la población dos presentaron salinidad leve y estuvo sometida a un pastoreo mayor. Las poblaciones 5 y 9 provienen de sitios con suelos hidro-alomórficos ubicados en zonas planas e inundables. El suelo de donde se recolectó la población 5 tiene alto contenido de sodio, en cambio, el suelo de la población 9 presenta sodio a nivel superficial y problemas de alcalinidad. En ambos casos el pastoreo fue bajo. La presión de selección favorece la adaptación y persistencia a esas condiciones ambientales y en menor medida la mayor producción de semilla.

Correlaciones fenotípicas

Los coeficientes de correlación fenotípica entre número de espigas por planta y rendimiento y número de espiguillas por espiga y largo de espiga fueron positivos y muy significativos para las 10 poblaciones analizadas. El coeficiente de correlación entre número de espigas por planta y largo de espigas fue positivo y significativo para nueve de las poblaciones excepto para la población 10. El coeficiente de correlación entre número de espigas por planta y peso de 1000 semillas fue no significativo para ocho de las poblaciones excepto para las número 5 y 8. El resto de los coeficientes de correlación fue muy variable en cuanto al signo y a la significancia para las 10 poblaciones (Tabla 1).

Tabla 1. Correlaciones fenotípicas entre los caracteres en las 10 poblaciones de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*)

Caracteres	Poblaciones									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nº espigas	0,365	0,323	0,346	0,340	0,259	0,177	0,194	0,172	0,388	0,077
Nº espiguillas	(0,002)	(0,006)	(0,002)	(0,002)	(0,037)	(0,117)	(0,081)	(0,131)	(0,001)	(0,463)
Nº espigas – Largo espiga	0,277	0,242	0,326	0,281	0,443	0,308	0,299	0,256	0,298	0,091
	(0,023)	(0,041)	(0,004)	(0,010)	(0,000)	(0,005)	(0,006)	(0,024)	(0,013)	(0,463)
Nº espigas – Rendimiento	0,812	0,812	0,733	0,805	0,777	0,739	0,711	0,704	0,789	0,555
	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)
Nº espigas – Peso de 1000	0,076	-0,055	0,153	0,177	0,273	0,181	0,121	0,261	0,072	-0,048
	(0,540)	(0,647)	(0,183)	(0,107)	(0,028)	(0,107)	(0,279)	(0,021)	(0,559)	(0,699)
Nº espiguillas – Largo espiga	0,697	0,671	0,671	0,632	0,682	0,540	0,753	0,666	0,730	0,598
	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)
Nº espiguillas – Rendimiento	0,408	0,260	0,288	0,378	0,202	0,237	0,302	0,092	0,354	0,011
	(0,001)	(0,027)	(0,011)	(0,000)	(0,107)	(0,035)	(0,006)	(0,424)	(0,003)	(0,931)
Nº espiguillas – Peso de 1000	-0,046	-0,137	-0,041	-0,112	0,033	0,029	0,001	-0,226	-0,022	-0,309
	(0,710)	(0,251)	(0,725)	(0,310)	(0,792)	(0,797)	(0,996)	(0,047)	(0,856)	(0,011)
Largo espiga - Rendimiento	0,303	0,182	0,181	0,381	0,351	0,311	0,341	0,097	0,357	0,138
	(0,013)	(0,127)	(0,115)	(0,000)	(0,004)	(0,005)	(0,002)	(0,398)	(0,003)	(0,264)
Largo espiga – Peso de 1000	0,112	0,138	0,099	0,265	0,299	0,193	0,115	0,112	0,232	0,033
	(0,365)	(0,248)	(0,393)	(0,015)	(0,016)	(0,087)	(0,303)	(0,329)	(0,055)	(0,794)
Rendimiento – Peso de 1000	0,207	0,063	0,163	0,286	0,364	0,298	0,079	0,375	0,218	0,072
	(0,092)	(0,601)	(0,156)	(0,008)	(0,003)	(0,007)	(0,483)	(0,001)	(0,073)	(0,564)

Valores de probabilidad entre paréntesis

Análisis del coeficiente de sendero

Los efectos directos e indirectos de los componentes del rendimiento se presentan en la Tabla 2. Respecto a los efectos directos, el número de espigas por planta fue alto en todas las poblaciones, con valores entre 0,82 y 0,55. El efecto directo del número de espiguillas por espiga tuvo valores entre 0,05 y 0,19 para ocho de las poblaciones excepto las 9 y 10 en las que fue bajo y negativo (-0,02 y -0,01 respectivamente). El efecto directo del largo de espiga fue bajo y en algunos casos negativo, excepto para las poblaciones 9 y 10 con valores de 0,12 y 0,15 respectivamente. Por último, el efecto directo del peso de 1000 semillas fue importante en siete de las poblaciones. En cuanto a los efectos indirectos, el efecto de número de espiguillas vía número de espigas mostró valores medios, entre 0,11 y 0,29, excepto para la población 10 que sólo fue de 0,04. El efecto indirecto de largo de espigas vía número de espigas tuvo valores entre 0,17 y 0,33 y otra vez la excepción fue la población 10 cuyo valor fue de 0,05. El efecto indirecto del peso de 1000 semillas vía número de espigas fue importante para las poblaciones 3, 4, 5, 6 y 8, con valores entre

0,11 y 0,20 y muy bajo para las demás poblaciones. El resto de los efectos indirectos fueron bajos o nulos excepto el caso de largo de espigas vía número de espiguillas en las poblaciones 1, 3, 7 y 8 con valores entre 0,10 y 0,13.

El coeficiente de determinación R^2 del carácter rendimiento varió entre 0,70 y 0,53 volviendo a ser la excepción la población 10 en la que solo fue de 0,33. Estos valores de R^2 , no muy altos, indicarían que la variación debida a los efectos residuales (E) es relativamente importante. Los efectos residuales variaron entre 0,30 y 0,47 y fue de 0,67 en la población 10, lo que puede deberse a que no fueron considerados todos los componentes del rendimiento y al aborto en la formación de la semilla.

Estos resultados permiten apreciar que los caracteres estudiados como componentes del rendimiento difieren en su grado de incidencia directa sobre éste. El número de espigas por planta tuvo un efecto directo positivo y alto sobre el rendimiento, mientras que el efecto indirecto de número de espiguillas, largo de espiga y peso de 1000 semillas vía número de espigas, mostró valores intermedios. Esto permite considerar al número de espigas por planta

Tabla 2. Coeficientes de sendero que muestran los efectos directos e indirectos de los componentes del rendimiento en agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*). Coeficiente de determinación del carácter rendimiento (R^2) y efectos residuales (E) no previstos con los componentes analizados.

Efecto de	Vía	Poblaciones									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nº de espigas	Directa	0,75	0,82	0,72	0,72	0,74	0,69	0,68	0,66	0,75	0,55
Nº de espigas	Nº espiguillas	0,06	0,02	0,05	0,04	0,01	0,02	0,03	0,03	-0,01	-0,01
Nº de espigas	Largo de espiga	-0,01	-0,02	-0,05	0,02	-0,03	0,00	0,01	-0,06	0,03	0,01
Nº de espigas	Peso 1000 S	0,01	-0,01	0,01	0,03	0,05	0,03	0,00	0,07	0,01	0,00
r total		0,81	0,81	0,73	0,80	0,78	0,74	0,71	0,70	0,79	0,55
Nº de espiguillas	Directa	0,17	0,07	0,15	0,10	0,05	0,10	0,15	0,19	-0,02	-0,10
Nº de espiguillas	Nº espigas	0,27	0,26	0,25	0,25	0,19	0,12	0,13	0,11	0,29	0,04
Nº de espiguillas	Largo de espiga	-0,03	-0,05	-0,11	0,05	-0,04	0,01	0,02	-0,15	0,09	0,09
Nº de espiguillas	Peso 1000 S	-0,01	-0,02	0,00	-0,02	0,01	0,00	0,00	-0,06	0,00	-0,02
r total		0,41	0,26	0,29	0,38	0,20	0,24	0,30	0,09	0,35	0,01
Largo de espiga	Directa	-0,04	-0,08	-0,16	0,07	-0,06	0,01	0,02	-0,23	0,12	0,15
Largo de espiga	Nº espigas	0,21	0,20	0,24	0,20	0,33	0,21	0,20	0,17	0,22	0,05
Largo de espiga	Nº espiguillas	0,12	0,04	0,10	0,07	0,03	0,06	0,12	0,13	-0,01	-0,06
Largo de espiga	Peso 1000 S	0,02	0,02	0,01	0,04	0,05	0,03	0,00	0,03	0,03	0,00
r total		0,30	0,18	0,18	0,38	0,35	0,31	0,34	0,10	0,36	0,14
Peso 1000 S	Directa	0,16	0,13	0,07	0,15	0,18	0,17	-0,01	0,27	0,14	0,06
Peso 1000 S	Nº espigas	0,06	-0,04	0,11	0,13	0,20	0,12	0,08	0,17	0,05	-0,03
Peso 1000 S	Nº de espiguillas	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00	-0,04	0,00	0,03
Peso 1000 S	Largo de espiga	0,00	-0,01	-0,02	0,02	-0,02	0,00	0,00	-0,03	0,03	0,00
r total		0,21	0,06	0,16	0,29	0,36	0,30	0,08	0,37	0,22	0,07
Determinación total del carácter, R^2 (%)		69,88	67,58	55,15	68,41	63,10	58,87	53,38	55,60	65,95	32,67
Efectos residuales E		30,12	32,42	44,85	31,59	36,90	41,13	46,62	44,40	34,05	67,33

como el componente principal y al resto de los caracteres como componentes secundarios del rendimiento, que influyen en los principales y a través de ellos en el rendimiento.

Si bien Griffiths (1965) señala que para la producción de semilla son importantes caracteres tales como altura de planta, área foliar, producción de materia seca, ancho y largo de hoja bandera, en este trabajo esos caracteres no han sido medidos. En un próximo ensayo se medirán estos caracteres, además de los componentes estudiados. Guillén (2002) encontró que la altura de planta tuvo una alta correlación con el largo y ancho de la hoja bandera y los caracteres de producción de semilla: largo de espiga, número de espiga y producción de semilla.

Los resultados obtenidos en este trabajo demostraron que usar solo correlaciones simples para estudiar el grado de asociación e interacción entre los caracteres componentes del rendimiento en semilla es insuficiente. El análisis de los coeficientes de sendero tuvo mayor utilidad, permitiendo conocer la contribución real de un grupo de variables inde-

pendientes sobre una variable dependiente por medio de sus efectos directos e indirectos. Al mismo tiempo el análisis de coeficientes de sendero mostró que, para todas las poblaciones, el número de espigas por planta fue el componente que mayor efecto directo tuvo sobre el rendimiento. El número de espiguillas por espiga, el largo de espiga y el peso de 1000 semillas influyeron a través de los efectos indirectos y se los puede considerar componentes secundarios del rendimiento.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el financiamiento recibido del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Nacional de Luján y al personal de campo de la EEA Pergamino del INTA, para la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

Asay, K.H. and R.P. Knowles, 1985. The wheatgrasses. For-

- ages: the science of grassland agriculture. pp 166-176. In: R.F. Barnes, D.S. Metcalfe and M.E. Heath (eds.) Iowa State University Press.
- Bradshaw, A., 1984. Ecological significance of genetic variation between population. In: Perspectives on plant population ecology. Dirza, R. and Saukhán, J. (eds.) Sinaver Associates Inc. Sunderland, USA. pp 213-228.
- Briggs, D. and S. Walters, 1984. Plant variation and evolution. Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge. 412 pp.
- Burton, G.W., 1979. Handling Cross-pollinated germplasm efficiently. Crop Science, Vol.19: 695-690.
- Cruz, C.D. y A. Regazzi, 1997. Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético. Segunda edición UFV. Brasil. 390 pp.
- Dewey, D.R., and K.H. Lu, 1959. A correlation and path-analysis of components of crested wheat grass seed production. Agronomy Journal, 51:515-518.
- Duyvendak, R and B. Luesink, 1979. Preservation of genetic resources in grasses. Proc. Conf. Broadening Genet. Base Crops, 1978. Pudoc, Wageningen: 67-73.
- Griffiths, D.J., 1965. Breeding for higher seed yield from herbage varieties. Journal of the National Institute of Agricultural Botany 10:320-331
- Guillén, R.H., 2002. Variabilidad genética en caracteres de interés agronómico en agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) cultivar "El Viscachero INTA". Tesis de Magister Scientiae. Maestría en Genética avanzada. Universidad Nacional de Rosario.
- InfoStat, 2001. Software estadístico. Grupo InfoStat. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Versión 1.
- InfoStat, 2001. Manual del usuario, Versión 1. Ed. Triunfar S.A., Córdoba, Argentina.
- Mariotti, J.A., 1986. Fundamentos de genética biométrica. Aplicaciones al mejoramiento genético vegetal. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, DC.
- McGuire, P.E. and J. Dvorak, 1981. High salt tolerance potential in wheatgrasses. Crop science 21: 702-705.
- Milligan, S.B., K.A. Gravois, K.P. Bischoff and F.A. Martin, 1990. Crop effects on genetic relationships among sugarcane traits. Crop Science 30: 927-931.
- Oram, R.N., 1990. *in*: Register of Australian herbage plant cultivars, 3rd ed. CSIRO, Melbourne, Australia. Reed, K. F. M.; Johnson, A. M.; Goss, L. C; Avery, A. L. 1995: Pasture grasses and legumes '95. Department of Agriculture, Minerals and Energy, Melbourne, Australia. 91 pp.
- Poehlman J. and D. Sleper, 1996. Breeding Field Crops. Iowa State University Press. Ames. Iowa.
- Rogers, A.L. and E.T. Bailey, 1963. Salt tolerance trials with forage plants in south Western Australia. Australian journal of experimental agriculture and animal husbandry 3: 125-130.
- Singh, R.K. and B.D. Chaudhary, 1977. Biometrical Methods in Quantitative Genetics Analysis. Ludhiana: Kaliani Publishers. New Delhi. 288 pp.
- Vencovsky R. y P. Barriga, 1992. Genética Biométrica no fitomelhoramento, Ribeirao Preto, Revista Brasileira de Genética, 496 pp.
- Wright, S., 1921. Correlation and causation. Journal of Agriculture Research. 20:557-585.