

IMPORTANCIA RELATIVA DE UN CARACTER EN LA SELECCION

Manuel Humberto Reyes Valdés y Eleuterio López Pérez¹

RESUMEN

Se propone un procedimiento para evaluar la importancia relativa de un carácter al ser utilizado en la construcción de un determinado índice de selección. El criterio a usar es el incremento en ganancia genética esperada que se obtiene al incluir tal carácter en el índice. La evaluación de tal incremento tiene un valor desde el punto de vista teórico al determinar el papel de un carácter dado en el avance genético y un valor desde el punto de vista práctico al determinar la inclusión o no de dicha variable en un índice de selección. De acuerdo al criterio propuesto en este trabajo, se calculó la importancia relativa de cada uno de cinco caracteres involucrados en cinco índices de selección construídos para una población de girasol (*Helianthus annuus*, L.) con base en la evaluación de 138 familias de medios hermanos realizada en Venecia, Dgo., en 1985. En todos los casos, la variable rendimiento de semilla resultó ser la más importante.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Índice de selección; Criterio de selección; Ganancia genética; *Helianthus annuus*.

SUMMARY

A procedure to evaluate the relative importance of a character for the construction of a selection index is proposed. Increase of the expected genetic gain attainable with the inclusion of such a character in the index, is the criterion used. The relative importance of each of five characters to construct five selection indexes for a sunflower (*Helianthus annuus* L.) population was assessed. These indexes were constructed based on the evaluation of 138 halfsib families in Venecia, Dgo., during 1985. Seed yield was the most important character in all cases.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Selection index; Selection criterion; Genetic gain; *Helianthus annuus*.

¹ Maestros-Investigadores. Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah., C.P. 25000

INTRODUCCION

En los procesos de selección artificial que se aplican en el mejoramiento genético se actúa, generalmente, sobre varios caracteres a la vez, ya sea en forma directa, cuando la selección se realiza conscientemente sobre las variables de importancia económica, o bien de manera indirecta cuando la selección simultánea obedece a variaciones correlativas.

Charles Darwin (1964) hablaba ya, en su obra clásica: "El origen de las especies por medio de la selección natural", de las correlaciones entre caracteres y señalaba su importancia en los procesos de selección, tanto natural como artificial.

Una estrategia que permite al mejorador capitalizar simultáneamente la expresión de varios caracteres en el proceso de selección, es la construcción de índices de selección. Un índice de este tipo, en su enfoque clásico, es una función lineal de los valores fenotípicos de las variables estudiadas que permite manejar una sola variable cuyo valor considera de manera conjunta los valores genéticos de esos caracteres en cada una de las unidades de selección de la población. Así, la selección de los mejores genotipos se realiza de acuerdo a los valores del índice.

Puesto que es deseable la simplificación de los procedimientos, sin pérdida de eficiencia, es necesario medir el impacto que la inclusión de cierto carácter tiene sobre la eficiencia de un índice de selección. Dicha medición serviría para tomar la

decisión de añadir, o no, el carácter en la construcción de un índice, o bien desde un punto de vista teórico, ayudaría a conocer el papel biológico que juega tal variable en los procesos donde la selección es operativa. En vista de ello, se propone un criterio para definir la importancia relativa de cada carácter en la selección con referencia a un determinado índice.

La importancia de este artículo reside en que, por medio del criterio aquí propuesto, es posible evaluar la utilidad de la medición de un cierto carácter en un programa de mejoramiento genético, lo cual puede ser de valor en la elección de las variables que van a integrar un índice de selección.

REVISION DE LITERATURA

Smith (1936) y Hazel (1943) establecieron las bases teóricas para la construcción de índices de selección. Harris (1964) indica que un índice de selección involucra, básicamente, la selección simultánea sobre varias características, tratando de actuar sobre la componente genética de la variación (no observable) a través de considerar la variación detectable (fenotípica) distribuida conjuntamente con la primera.

Searle (1965) manifiesta que la mejor forma de capitalizar las correlaciones genéticas entre caracteres, es la construcción de un índice que combine la información de varios de ellos. Asimismo, Cunningham (1973) señala que por medio de un índice es posible hacer máxima la respuesta a la selección para un conjunto de caracteres.

Por otro lado, Falconer (1970) menciona que se ha demostrado que el avance obtenido por mejoramiento genético es más rápido cuando la selección se aplica simultáneamente sobre

varios caracteres, dando a cada uno de ellos su respectiva ponderación de acuerdo a la importancia económica relativa, heredabilidad y correlaciones genotípicas y fenotípicas entre ellas; sin embargo, Kempthorne (1969) afirma que, en su opinión, no es general que el uso del índice de selección convencional conduzca a mejores progresos que un procedimiento basado en selección para atributos individuales en forma separada.

MATERIALES Y METODOS

Indices de Selección

De acuerdo a los principios establecidos por Smith (1936) y Hazel (1943), cada genotipo presenta un valor genético conjunto (H), definido por la siguiente expresión:

$$H = a_1G_1 + a_2G_2 + \dots + a_nG_n,$$

donde G_i es el valor genético aditivo para cada carácter y a_i la ponderación económica correspondiente a cada variable. En el caso de que un carácter no tenga un valor económico, su coeficiente a_i será igual a cero.

Un índice de selección (I), es una función lineal de los valores fenotípicos para un cierto número de caracteres, definido por la siguiente expresión:

$$I = b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$$

donde X_i es el valor fenotípico para cada carácter y los b_i son los coeficientes que hacen máximo el avance esperado del valor genético conjunto (H), por medio de selección. De esta manera, la selección de los valores de H se realiza en forma indirecta por medio de los valores I.

La ganancia esperada para el valor genético conjunto, queda definida como sigue:

$$\Delta H = i \frac{\text{Cov}(I, H)}{\sigma_I}$$

donde i es el diferencial de selección estandarizado, $\text{Cov}(I, H)$ es la covarianza de los valores del índice de selección con sus valores genéticos respectivos, y σ_I es la desviación estándar para el índice de selección.

Una condición que hace máxima la ganancia genética es la reportada por Harris (1964), misma que a continuación se reproduce:

$$\sum_i b_i P_{it} = G_{tw}, \quad t = 1, 2, \dots, n$$

donde: $P_{it} = \text{Cov}(X_i, X_t)$, y
 $G_{tw} = \text{Cov}(X_t, H)$

La expresión anterior permite generar las n ecuaciones normales para obtener los coeficientes b_i .

Importancia Relativa de un
 Carácter en la Selección

Con el fin de evaluar la importancia relativa de cada carácter de selección, con referencia a un determinado índice, se propone un criterio que tiene como base el incremento de la ganancia genética predicha que se obtiene con la adición de un carácter en un índice.

Sea $\Delta H(A)$, la ganancia genética esperada para un determinado índice de selección $I(A)$, tomado como referencia. Por otro lado, $\Delta H(A-X_i)$; $i = 1, 2, \dots, n$, se refiere a la ganancia genética esperada para el índice $I(A-X_i)$, el cual contiene a todas las variables del índice de referencia, con la excepción de X_i .

La importancia absoluta (Ima) del carácter X_i en la selección, con referencia al índice $I(A)$, queda definida por la siguiente expresión:

$$\text{Ima}(X_i) = \frac{\Delta H(A) - \Delta H(A-X_i)}{i}, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

donde n es el número de variables involucradas en el índice de referencia.

La importancia relativa (Imr) de cada carácter X_i en la selección, con referencia al índice $I(A)$, expresada como porcentaje de la suma de las importancias absolutas de todos los caracteres involucrados en el índice, se define como:

$$\text{Imr}(X_i) = \left[\frac{\text{Ima}(X_i)}{\sum_{j=1}^n \text{Ima}(X_j)} \right] \times 100;$$

$i = 1, 2, \dots, n$

La igualdad anterior se puede expresar de la siguiente manera:

$$\text{Imr}(X_i) = \left[\frac{\Delta H(A) - \Delta H(A-X_i)}{\sum_{j=1}^n [\Delta H(A) - \Delta H(A-X_j)]} \right] \times 100;$$

$i = 1, 2, \dots, n$

Multiplicando arriba y abajo por $1/\Delta H(r)$, donde $\Delta H(r)$ es una constante que puede referirse a la ganancia genética por selección directa sobre un carácter, se tiene:

$$\text{Imr}(X_i) = \left[\frac{ER(A) - ER(A-X_i)}{\sum_{j=1}^n [ER(A) - ER(A-X_j)]} \right] \times 100;$$

$i = 1, 2, \dots, n$

Con el fin de aplicar el procedimiento descrito, se construyeron índices de selección para mejorar el rendimiento de semilla con la consideración simultánea de otros caracteres en la población de girasol "Ta-

maulipas Selección para Alto Rendimiento, ciclo uno" (TSAR_{C1}). Para ello se evaluaron 138 familias de medios hermanos en un diseño de bloques incompletos al azar con dos repeticiones, en Venecia, Dgo. Las variables medidas fueron: días a floración, peso de 100 semillas, altura de planta, diámetro de capítulo y rendimiento de semilla.

Con los elementos correspondientes al considerar las esperanzas de cuadrados medios y de productos cruzados medios de los análisis de varianza y covarianza para los caracteres medidos, se obtuvieron las matrices de varianza-covarianza, necesarias para la construcción de los índices de selección. Los parámetros genéticos se estimaron con la información de medias de familias de medios hermanos, por lo cual incluyen sólo el componente aditivo correspondiente (varianza genética de familias de medios hermanos = 1/4 varianza aditiva). Las varianzas y covarianzas fenotípicas se estimaron con base en la media de una entrada. Se obtuvieron además los coeficientes de correlación fenotípica y genética aditiva.

En cuanto a las ponderaciones económicas, al rendimiento de semilla se le dió un valor de uno y a los demás caracteres se les asignó un valor de cero.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1, se anotan los coeficientes (b_i) para todos los índices de selección posibles construídos con los datos de cinco variables. Se presentan los valores por los cuales debe ser multiplicado el diferencial de selección estandarizado para estimar la ganancia genética por ciclo, suponiendo control sobre ambos progenitores; en la última columna se expresa la eficiencia relativa de cada índice, computada como el cociente entre la ganancia genética predicha con el uso del índice y aquella esperada con

el uso de selección directa sobre la variable rendimiento. Se observa que las eficiencias relativas fueron, en general, bastante bajas. El índice más eficiente fue el construído con las cinco variables; sin embargo, la diferencia no es muy grande con respecto al construído únicamente con rendimiento y peso de 100 semillas.

Con los datos anotados en el Cuadro 1, se obtuvieron los valores de la importancia relativa (Imr) para cada uno de los caracteres involucrados en los cuatro índices de mayor eficiencia relativa y en el índice construído únicamente con rendimiento de semilla y peso de 100 semillas (Cuadro 2). En general, la importancia relativa de cada carácter muestra cierta consistencia a través de los cinco índices. En todos los casos, el rendimiento de semilla resultó ser la variable más importante. Por lo que respecta al carácter altura de planta, tuvo siempre la mínima importancia relativa. Una de las causas de este resultado es la baja heredabilidad para medias de familias estimada para dicha variable (Cuadro 3). En cuanto al diámetro de capítulo, resulta inútil tratar de dar una explicación biológica a la baja importancia relativa observada, ya que la estimación de cero para la varianza (Cuadro 3) puede ser debida a error de muestreo.

El hecho de que la variable días a floración haya tenido una importancia relativa mayor que altura de planta y diámetro de capítulo, puede deberse a la alta heredabilidad para medias de familias observada en la misma (Cuadro 3).

El peso de 100 semillas resultó ser la variable más importante, exceptuando al rendimiento de semilla, lo cual puede explicarse dada su alta heredabilidad de medias de familias y su alta correlación genética aditiva con rendimiento (Cuadro 4). Sin embargo, debe notarse que la correla-

Cuadro 1. Coeficientes b_i de las variables para 31 índices de selección, sus factores para estimar la ganancia genética por ciclo (H/k) y sus eficiencias relativas (E.R.).

Indice	Días a floración X_1	Peso de 100 semillas (g) X_2	Altura de planta (m) X_3	Diámetro de capítulo (cm) X_4	Rendimiento de semilla (kg/ha) X_5	H/k (kg/ha)	E.R. (%)
$I_{(1)}$	8.243					27.061	14.37
$I_{(2)}$		140.439				104.436	55.45
$I_{(3)}$			329.810			77.136	40.96
$I_{(4)}$				68.827		108.957	57.85
$I_{(5)}$					0.296	188.329	100.00
$I_{(1,2)}$	17.847	161.164				118.751	63.06
$I_{(1,3)}$	2.958		320.191			77.712	41.26
$I_{(1,4)}$	12.157			71.681		115.948	61.57
$I_{(1,5)}$	3.549				0.294	188.687	100.19
$I_{(2,3)}$		125.436	255.282			119.780	63.60
$I_{(2,4)}$		104.507		53.272		131.549	69.85
$I_{(2,5)}$		84.491			0.272	198.452	105.38
$I_{(3,4)}$			121.018	59.546		111.598	59.26
$I_{(3,5)}$			97.491		0.285	189.580	100.66
$I_{(4,5)}$				21.123	0.273	190.723	101.27
$I_{(1,2,3)}$	13.549	144.423	199.937			126.597	67.22
$I_{(1,2,4)}$	18.691	125.344		54.559		144.242	76.59
$I_{(1,2,5)}$	9.956	99.589			0.265	200.883	106.67
$I_{(1,3,4)}$	10.894		60.242	66.774		116.500	61.86
$I_{(1,3,5)}$	2.205		90.450		0.285	189.711	100.73
$I_{(1,4,5)}$	5.220			23.110	0.269	191.465	101.67
$I_{(2,3,4)}$		103.627	110.691	44.932		133.398	70.83
$I_{(2,3,5)}$		84.030	62.970		0.266	198.840	105.63
$I_{(2,4,5)}$		81.161		10.955	0.262	199.028	105.68
$I_{(3,4,5)}$			45.923	17.878	0.271	190.940	101.39
$I_{(1,2,3,4)}$	18.575	125.175	5.091	54.168		144.245	76.59
$I_{(1,2,3,5)}$	9.440	97.850	27.151		0.262	200.969	106.71
$I_{(1,2,4,5)}$	10.555	93.867		13.382	0.251	201.725	107.11
$I_{(1,3,4,5)}$	4.811		20.011	21.550	0.268	191.488	101.68
$I_{(2,3,4,5)}$		80.956	40.895	8.091	0.261	199.195	105.77
$I_{(1,2,3,4,5)}$	10.983	94.477	-19.137	14.821	0.252	201.755	107.13

Cuadro 2. Importancia relativa (%) en la selección de cada carácter para cinco índices.

Índice	Días a floración	Peso de 100 semillas	Altura de planta	Diámetro de capítulo	Rendimiento de semilla
I (1,2,3,4,5)	3.60	14.42	0.05	1.11	80.82
I (1,2,4,5)	3.78	14.40		1.16	80.66
I (1,2,3,5)	2.32	12.84	0.09		84.76
I (2,3,4,5)		11.07	0.23	0.35	88.34
I (2,5)		9.73			90.27

Cuadro 3. Parámetros genéticos para cinco caracteres en girasol, estimados con base en familias de medios hermanos: varianza del error (σ^2_e), varianza fenotípica en base a la media de una entrada (σ^2_f), varianza genética aditiva (σ^2_g)^{1/} y heredabilidad (h^2)^{2/}.

Parámetro	Días a floración	Peso de 100 semillas (g)	Altura de planta (cm)	Diámetro de capítulo (cm)	Rendimiento (kg/ha)
σ^2_e	8.01±0.97	0.57±0.07	0.08±0.01	5.10±0.62	571223.25±69017.72
σ^2_f	10.78±1.30	0.55±0.07	0.05±0.01	2.51±0.30	405543.70±48999.58
σ^2_g	6.77±1.39	0.27±0.08	0.02±0.01	0.00±0.43	119932.08±59931.80
h^2 (%)	63.00±13.00	49.00±14.00	40.00±15.00	0.00±0.17	30.00±0.15

^{1/} Corresponde al componente de varianza genética aditiva entre familias de medios hermanos, es decir, la cuarta parte de la varianza genética aditiva total de la población.

^{2/} Calculada como la varianza genética aditiva entre familias de medios hermanos sobre la varianza fenotípica de las medias de dichas familias.

Cuadro 4. Correlaciones genético aditivas^{1/} entre cuatro^{2/} caracteres en girasol.

	Peso de 100 semillas	Altura de planta	Rendimiento de semilla
Días a floración	-0.3714	0.7121	0.0986
Peso de 100 semillas		-0.0164	0.4313
Altura de plantas			0.4031

^{1/} Corresponde a la porción estimable entre familias de medios hermanos.

^{2/} Las correlaciones que incluyeron diámetro de capítulo fueron de valor indeterminado porque $\sigma_g^2 = 0$.

Cuadro 5. Correlaciones fenotípicas para medias de familias de medios hermanos entre cinco caracteres en girasol.

	Peso de 100 semillas	Altura de planta	Diámetro de capítulo	Rendimiento de semilla
Días a floración	-0.2631**	0.2317**	-0.1132	0.0822
Peso de 100 semillas		0.1870*	0.3169**	0.2313**
Altura de planta			0.5180**	0.2993**
Diámetro de capítulo				0.4345**

* = $p \leq 0.05$

** = $p \leq 0.01$

ción fenotípica entre ambas variables es baja (Cuadro 5).

CONCLUSIONES

El evaluar la importancia relativa de un carácter en la selección, puede ser de utilidad para la elección de las variables al construir un índice de selección. Asimismo, puede ser de valor teórico en el análisis del papel de un carácter en los efectos de los procesos selectivos que actúan sobre diversas variables simultáneamente.

De acuerdo a lo anterior, se propone una forma de medir la importancia relativa de un carácter en la selección. Dicho criterio tiene como base el incremento en ganancia genética esperada que se obtiene con la adición del carácter en un índice de selección.

Con base en el criterio usado en este trabajo, la importancia relativa de un carácter tiene significado con respecto a un índice de selección tomado como referencia. Sin embargo, como puede verse en los resultados del ejemplo realizado en girasol, el parámetro propuesto en este artículo, tiene cierta consistencia a través de varios índices.

Se observó que en la población de girasol tomada como ejemplo, la variable rendimiento de semilla resultó siempre de mayor valor como criterio

de selección, en comparación con los caracteres: días a floración, peso de 100 semillas, altura de planta y diámetro de capítulo. Exceptuando al rendimiento de semilla, el peso de 100 semillas resultó ser la variable de mayor importancia relativa. Esto indica que puede ser conveniente incluir este último carácter en la construcción de índices de selección en girasol.

BIBLIOGRAFIA

- Cunningham, E.P. 1973. Multistage index selection. *Heredity* 31:413.
- Darwin, Ch. 1964. El Origen de las Especies por medio de la Selección Natural. Trad. al español por S.A. Ferrari. 8a. edición. Ed. Diana, S.A. México. 503 p.
- Falconer, D.S. 1970. Introducción a la Genética Cuantitativa. Trad. al español por F. Márquez Sánchez. Cía. Editorial Continental, S.A. México, D.F. 430 p.
- Harris, D.L. 1964. Expected and predicted progress from index selection involving estimates of population parameters. *Biometrics* 29:46-72.
- Hazel, L.N. 1943. The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics* 28:476-490.
- Kempthorne, O. 1969. An introduction to Genetic Statistics. The Iowa State University Press. Ames, Iowa. 545 p.
- Searle, S.R. 1965. The value of indirect selection: I. Mass selection. *Biometrics* 21:682-707.
- Smith, H.F. 1936. A discriminant function for plant selection. *Ann. Eugen.* 7:240-250.