

Adaptabilidad de variedades de soja

Autor: Ing. Agr. Juan Carlos Suárez

Hace ya casi 30 años, exactamente el Martes 11 de Octubre de 1977, aparecía en el Diario “La Opinión”, de Pergamino (pág. 23) una nota titulada: “Adaptabilidad de variedades de soja”, que era una reseña de un artículo presentado por la Ing. Mancuso y por mí en la V Reunión Técnica Nacional de Soja (Miramar, Marzo de 1977). Ésta fue, creo, la primera mención al Análisis de Adaptabilidad y/o Estabilidad de variedades de un cultivo extensivo en la Pampa Húmeda (ya el Dr. Mariotti había publicado análisis similares para caña de azúcar en el NOA). Allí se presentaban los conceptos básicos del Análisis de Adaptabilidad de Finlay y Wilkinson, aunque el trabajo original utilizaba también el análisis propuesto por Eberhart y Russell, y los comparaba.

Desde entonces ha pasado mucho tiempo, la actividad agrícola se ha multiplicado en el país, y se realizaron innumerables trabajos, en Argentina y en el mundo, sobre el tema en diversos cultivos. Se han creado y evaluado métodos de los más diversos tipos para evaluar la estabilidad y adaptabilidad de cultivares: con métodos paramétricos o no paramétricos, análisis univariados (de regresión o de varianza) o multivariados (con clusters o componentes principales), etc. Cada uno de estos métodos presenta sus ventajas y sus defectos, tanto desde el punto de vista práctico como académico. A mi me preocupan las limitaciones de estos métodos desde el punto de vista práctico, ya que dificultan su difusión. La primera limitante, en mi opinión, es la dificultad para comprender los fundamentos y la implementación de estos métodos, que se vuelven cada vez más complejos. No cualquiera puede aplicarlos, y tampoco abunda la gente que pueda interpretar cabalmente sus resultados.

Otra limitante importante es que los métodos, en general, son de matrices completas, es decir, requieren que todas las variedades participantes estén presentes en todos los ambientes de evaluación, para poder ser comparadas. Esto es muy difícil de lograr en la práctica, por variadas razones, y obliga al investigador a obtener una matriz completa eliminando las variedades que no están presentes en todas las localidades y/o eliminando del análisis localidades que no tienen algunas variedades. De esta manera, es necesario chequear cada vez, cuáles son las variedades y ambientes incluidos en cada comparación. Y se suelen presentar distintas comparaciones para la misma serie de datos, alguna con todas las variedades presentes en algunos ambientes, y otra con algunas variedades presentes en todos los ambientes.

Los métodos de matrices incompletas son más fáciles de utilizar en la práctica, ya que permiten incluir toda la serie de datos en la misma comparación. Entre ellos, el método de “Múltiples Comparaciones con el Mejor” estima la estabilidad en altos rendimientos. En este método se clasifica con un signo + a la variedad más rendidora en cada ambiente, y con un signo * a todas aquellas variedades que no presentan diferencias significativas con la mejor. Se cuenta, entonces, a través de todos los ambientes participantes de la evaluación, en cuántos ambientes cada variedad fue la mejor, y en cuantos ambientes no presentó diferencias significativas con la mejor. Las variedades más estables son aquellas que fueron las mejores, o no presentaron diferencias con las mejores en la mayor cantidad de ambientes.

Otro método de matrices incompletas es el de “Rendimientos Relativos”, que requiere la transformación de los valores absolutos de los rendimientos en valores

relativos, con respecto a un Índice Ambiental (IA), que es tomado como base (100). De esta forma se eliminan las distorsiones que surgen en los promedios cuando no todas las variedades están en todos los ambientes. Abajo se presenta un ejemplo de algunos de los problemas que se pueden encontrar cuando se comparan variedades a través de localidades en matrices incompletas:

Tabla 1: Rendimientos Absolutos de las variedades X, Y y Z en los Ambientes A, B y C.

Ambientes Variedades	A	B	C	Promedio	Rend. Relativo de los Promedios
X	1100	2100	-	1600	80
Y	1000	2000	3000	2000	100
Z	-	1900	2900	2400	120
IA	1000	2000	3000	2000	

En la Tabla 1 se presentan 3 variedades (X, Y y Z) que formaban parte de un grupo mayor de variedades evaluadas en 3 ambientes (A, B y C). La variedad X está ausente en el ambiente C, que es el ambiente más rendidor (IA= 3000). Por esta causa, por estar ausente en uno de los ambientes más rendidores, su promedio será inferior a las demás, a pesar de que rindió más que las otras dos variedades en los ambientes restantes. Por otro lado, la variedad Z, que está ausente en el ambiente A (el menos rendidor), rindió menos que las otras en los ambientes más rendidores. Sin embargo, su promedio es el más alto, por haber estado ausente en un ambiente poco rendidor. El cálculo de los Rendimientos Relativos de los Promedios no supera estos inconvenientes, como se puede ver en la Tabla 1, porque son justamente los promedios los que presentan estas características. Se calculan así: Rendimiento Relativo de los Promedios= (Rinde Promedio de cada Variedad * 100 / Promedio de IA), y hay un valor para cada variedad.

En la Tabla siguiente (Tabla 2), los Rendimientos Relativos (o índices) calculados para cada ambiente, permiten superar la errónea clasificación anterior, y entonces aparece la variedad X como más rendidora, debido a que rindió más que el IA en los ambientes A y B. La variedad Z pasa a ser la menos rendidora, debido a que su comportamiento fue siempre inferior al IA, en los ambientes en los que participó. Los índices se calculan así: (Rinde de cada variedad en cada ambiente *100 / IA). Hay un valor para cada variedad en cada ambiente.

Tabla 2: Rendimientos Relativos de las variedades X, Y y Z en los Ambientes A, B y C.

Ambientes Variedades	A	B	C	Promedio
X	110	105	-	107,5
Y	100	100	100	100,0
Z	-	95	97	96,0
IA	100	100	100	100

La mejor opción para estimar el IA es utilizar como tal al Rinde Promedio de todas las variedades participantes en ese ambiente. Se puede utilizar también como IA el promedio de uno o varios testigos, pero entonces el IA pasa a ser más inestable, y puede llevar a decisiones equivocadas en algunos ambientes con características especiales, como pueden ser ambientes con la presencia de alguna enfermedad.

“Rendimientos Relativos” es uno de los métodos que permiten trabajar con matrices incompletas, estimándose la estabilidad como el Desvío Standard (S) de los rendimientos relativos (o índices) a través de todos los ambientes (Yau y Hamblin, 1993). En este caso, la estabilidad será mayor cuanto menor sea el S de los índices. Es de destacar que el hipotético caso de una variedad con estabilidad ideal (S = 0)

implica que su relación con el IA es invariable a través de los ambientes. En otras palabras, significa que, si su índice promedio es 100, éste es el valor en todos los ambientes considerados. Esa variedad, entonces, presenta una buena respuesta a variaciones en el IA. Esto es diferente a lo que se definía según el método de Finlay y Wilkinson, en el que una estabilidad máxima suponía una pendiente $b_1=0$, o en otras palabras, una total insensibilidad de la variedad a las variaciones ambientales, ya que presenta el mismo promedio cualquiera sea el valor del IA. Esta nueva definición de estabilidad a través de los Rendimientos Relativos, entonces, supera a la definición familiar de Finlay y Wilkinson en el sentido de que una variedad estable presenta una buena respuesta a variaciones del ambiente. Para describir el comportamiento de una variedad hacen falta dos valores:

- 1) El promedio de todos los rendimientos relativos (o índices) calculados para esa variedad a través de todos los ambientes, que estima el nivel de rinde de la misma, y
- 2) El Desvío Standard (S) de esos índices, que nos da una idea de la estabilidad de la variedad.

La Tabla 3 presenta los resultados de una serie de variedades de soja de Grupo de Madurez IV Largo, evaluadas en la RECSO (Red Nacional de Evaluación de Cultivares de Soja) en la Región II, campañas 2003/04 y 2004/05, a través de una cantidad de ambientes, que varía entre 31 y 64 según los cultivares.

En la Tabla se nota el mejor desempeño de la variedad A, en lo que a Rendimiento se refiere, aunque no es la que presenta mejor Rinde Promedio. La variedad B presenta mayor Rinde Promedio que la A, dado que participó en menor cantidad de ambientes. Pero la variedad A presentó un mejor comportamiento ya sea que se evalúe por su Rendimiento Relativo ($IM=107,0\%$), como por el método de las "Múltiples Comparaciones con el Mejor" ($PorcMej=27 + PorcSD=71$), con un 98% de ensayos sin presentar diferencias significativas con la mejor variedad de cada ensayo. Es de destacar el valor de $PorcMej=27$, que indica que la variedad A fue la mejor en el 27% de los ensayos en los que participó.

La variedad B, de IM algo menor ($106,2\%$), presentó menor Desvío Standard (S), o sea, mayor Estabilidad que A. Sin embargo, las variedades más estables y de rendimientos relativamente altos fueron G y H (con valores $S=7,1$ y $7,2$, respectivamente). La variedad V resultó ser la más estable ($S=5,5\%$), aunque de rendimientos bajos,

Tabla 3: Observaciones tomadas en los Ensayos Comparativos de Rendimientos de la RECSO, Región II, Grupo de Madurez IV Largo. Los datos mostrados son promedios calculados a través de todos los ambientes en que participó cada variedad.

CULTIVAR	RINDE (kg/ha)	IM (%)	S (%)	Altura (cm)	Vuelco (1-5)	Número de Ambientes	Mejor	SD	PorcMej (%)	PorcSD (%)
A	3734	107,0	10,4	78	1,3	63	17	45	27	71
B	3750	106,2	8,1	96	1,6	31	3	26	10	84
C	3638	105,2	9,6	95	1,7	64	5	58	8	91
D	3632	104,8	8,9	96	1,7	64	5	53	8	83
E	3690	104,2	8,2	96	1,6	30	1	24	3	80
F	3588	103,7	8,3	81	1,5	64	2	57	3	89
G	3582	102,9	7,1	94	1,5	64	1	57	2	89
H	3571	102,9	7,2	83	1,4	65	1	61	2	94
I	3541	102,5	9,2	98	1,6	64	1	57	2	89
J	3585	102,4	8,3	93	1,6	31	2	24	6	77
K	3587	102,0	10,7	95	1,7	31	0	27	0	87
L	3499	100,8	7,8	98	1,5	64	2	54	3	84
M	3505	100,6	9,2	94	1,5	64	1	59	2	92

N	3492	100,5	9,8	93	1,5	64	2	52	3	81
O	3422	99,0	7,7	86	1,5	64	1	54	2	84
P	3513	98,2	7,8	103	1,6	32	2	23	6	72
Q	3365	97,3	8,5	85	1,6	65	0	53	0	82
R	3362	97,1	10,6	99	1,6	64	1	47	2	73
S	3298	96,9	8,6	98	1,5	33	0	29	0	88
T	3370	96,8	7,7	89	1,5	64	0	51	0	80
U	3331	95,9	7,1	92	1,6	65	0	51	0	78
V	3373	95,4	5,5	97	1,7	31	0	22	0	71
W	3283	93,8	12,6	84	1,3	62	2	46	3	74

IM: Rendimiento relativo, con respecto a la media de cada ensayo (Índice de la Media)

S: Desvío Standard de los IM a través de los ambientes de evaluación de cada línea.

Mejor: Cantidad de ensayos en los que la variedad indicada fue la más rendidora.

SD: Cantidad de ensayos en los que la variedad indicada no presentó diferencias significativas con la más rendidora.

PorcMej: Porcentaje de ensayos en los que la variedad indicada fue la más rendidora.

PorcSD: Porcentaje de ensayos en los que la variedad indicada no presentó diferencias significativas con la más rendidora.

(IM=95,4%), inferiores a los Índices Ambientales, y PorcMej+PorcSD=71%.

El gráfico siguiente muestra la representación de estos valores para la variedad A: En abscisas se representan los valores de rinde medio de cada ensayo (IA), que variaron entre 2000 y 5500 kg/ha, aproximadamente, mientras que en ordenadas se presenta el Rinde Relativo (IM) del cultivar en cada ensayo. El Gráfico 1 muestra la buena adaptación del cultivar, lo que se evidencia por una recta de ajuste prácticamente paralela al eje de las X.

Gráfico 1. Rendimientos Relativos (IM) en función de los IA de los Ensayos en los que participó la variedad A

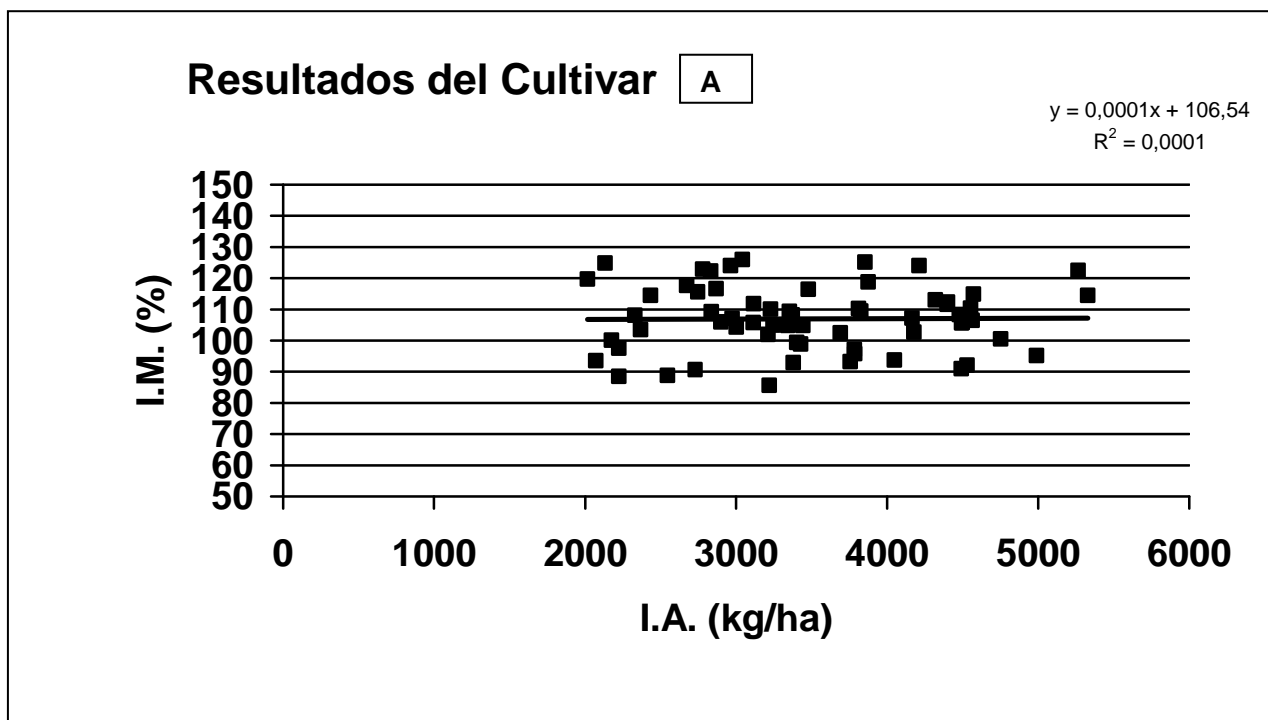


Gráfico 2 Rendimientos Relativos (IM) en función de los IA de los Ensayos en los que participó la variedad A

C