

PRECIOS Y AREA SEMBRADA DE SOJA

por Luis N. Lanteri*

1. INTRODUCCION

En el presente trabajo se explican los cambios anuales en el área sembrada de soja en el período 1964/79, como función de las variaciones de precios esperados de soja y del área cultivada en el período inmediato anterior.

El análisis se limita a la superficie sembrada con dicho oleaginoso en la provincia de Santa Fe, por dos razones. En primer lugar, por la necesidad que se tiene de evaluar una zona lo más homogénea posible y, en segundo término, por ser esta provincia la que concentra la mayor parte de la superficie cultivada y de la producción. En el período 1978/79 se cultivaron en Santa Fe 879.000 hectáreas (53,6% del área sembrada en el país) y se obtuvieron 2.180.000 toneladas (58,9% del total nacional).

(*) - Departamento de Actividad Agropecuaria. Gerencia de Investigaciones y Estadísticas Económicas.

2. CARACTERISTICAS DE LA SOJA

2.1. Generalidades

La soja es conocida en la Argentina desde el año 1910. No obstante, recién a partir de 1962 comienza a tener importancia en el área maicera de la región pampeana.

En la provincia de Santa Fe se suele sembrar soja desde mediados de octubre a fines de noviembre, como cultivo de verano, a igual que el maíz, girasol o sorgo granífero (siembra temprana); o bien se siembra desde fines de noviembre a mediados de diciembre, si es precedida por un cultivo o pastura de invierno, como trigo, lino, arveja, cebada o centeno (siembra de segunda).

La planta de soja tiene la particularidad de aportar nitrógeno al suelo, lo que favorece el aumento de los rendimientos de los cereales que le siguen en la rotación.

2.2. Usos

La semilla de soja que no se exporta se utiliza para la extracción de aceite. En el país el aceite de soja se consume generalmente mezclado con el de girasol.

Si el método de extracción es el de solvente 1/ el sub producto que se obtiene es la harina. Dado su elevado contenido de proteínas, la harina de soja se destina principalmente a la elaboración de alimentos balanceados para aves, porcinos, etc.

Además, se acostumbra emplear el rastrojo de soja en la elaboración de fardos, que son destinados a la alimentación del ganado vacuno.

3. CAUSAS DE LA EXPANSION DEL AREA CULTIVADA DE SOJA

Diversos factores gravitaron para que, en las dos últimas décadas, el área sembrada se expandiera notablemente. Entre ellos se pueden mencionar los siguientes:

- a) En la campaña agrícola 1965/66 la Junta Nacional de Granos estableció el precio mínimo de compra y las normas de comercialización de este oleaginoso. Esta medida aseguró que la cosecha de soja pudiera colocarse a un precio cierto y conocido y estimuló el desarrollo de varios insumos (inoculantes, semillas, maquinaria adecuada, etc.), cuya escasez limitaba la expansión del cultivo.
- b) El sistema de producción tradicional de la región pampeana, basado en la rotación: maíz, trigo, girasol, agotó paulatinamente la fertilidad de los suelos y produjo disminución de los rendimientos. Muchos productores grandes y medianos atenuaron esta situación por medio de la rotación con ganado bovino. Los productores chicos, debido a su escasa experiencia en el manejo de ganado, optaron por aumentar el área sembrada de soja 2/.
- c) Amplia demanda de la semilla de soja, especialmente en los mercados externos.
- d) Favorable precio del cultivo, en relación con rubros alternativos.
- e) Condiciones ecológicas de la región en estudio propicias para la soja.

4. APLICACION DEL MODELO DE REZAGOS DISTRIBUIDOS

4.1. Esquema teórico

Quando se realizan estimaciones de oferta de produc-

tos individuales se utiliza generalmente el área sembrada como variable dependiente.

La elasticidad de oferta se asimila a la elasticidad área sembrada-precio, dado que se supone que la elasticidad rendimiento-precio es igual a cero 3/.

El modelo planteado en este trabajo es una versión del modelo de rezagos distribuidos de Marc Nerlove. Es un modelo dinámico de oferta, ya que incluye la variable endógena rezagada.

El modelo de Nerlove se formula mediante dos ecuaciones:

$$A_t^o = a + b P_t^o + U_t \quad (1)$$

$$A_t - A_{t-1} = k (A_t^o - A_{t-1}) \quad (2)$$

$$0 < k \leq 1$$

donde:

A_t^o : área que se desea sembrar en el período t.

P_t^o : precio real esperado en el período t.

A_t : área sembrada en el período t.

A_{t-1} : área sembrada en el período t-1.

U_t : término aleatorio, $U_t \sim N(0, \sqrt{\mu^2})$.

La ecuación (1) es una función de oferta. Establece que el área que se desea sembrar en el período t es función del precio esperado en ese período.

La expresión (2) indica que la diferencia entre el área sembrada en el período t y el área sembrada en el período $t-1$, es igual a una fracción k de la diferencia entre el área que se desea sembrar en el período t (A_t^o) y el área sembrada en el período precedente.

Como A_t^o y P_t^o no son directamente observables, las expresiones (1) y (2) no son estimables estadísticamente.

Por otro lado, la hipótesis de expectativas adaptivas planteada por Phillip Cagan establece que el precio esperado del período es igual a la siguiente expresión:

$$P_t^o = P_{t-1}^o + e (P_t - 1 - P_{t-1}^o) \quad (3)$$

$$0 < e \leq 1$$

Para simplificar, se considerará que el coeficiente de expectativas $e = 1$ 4/. De esta forma:

$$P_t^o = P_{t-1} \quad (4)$$

Reordenando las ecuaciones (1) y (2) y manteniendo la expresión (4) se llega a:

$$A_t = k a + k b P_{t-1} + (1 - k) A_{t-1} + k U_t \quad (5)$$

Como esta es una función directamente observable, puede estimarse estadísticamente.

En la ecuación (5), k representa el coeficiente o elasticidad de ajuste (según que las variables estén expresadas en valores naturales o logaritmos, respectivamente) entre el área que se desea sembrar en el período t y el área efectivamente sembrada. Indica la velocidad con que el productor reacciona a cambios en los precios.

Un valor de k cercano a cero revela que deberán pasar varios períodos hasta alcanzar completamente el nivel deseado. Cuando $k = 1$ el ajuste se produce dentro del período, es decir, el área efectivamente sembrada en el período es igual a la planeada. En este último caso, no existen diferencias entre las elasticidades de corto y largo plazo.

En la función estimada, k se obtiene restando de la unidad el coeficiente de la variable endógena rezagada.

Si las variables están expresadas en logaritmos los coeficientes representan las elasticidades de corto plazo. Las elasticidades de largo plazo se obtienen dividiendo las de corto plazo por la elasticidad de ajuste.

Este modelo considera que la estructura de costos reales de producción de los cultivos analizados se mantiene constante a lo largo del período en estudio, de forma que los productores asignan recursos, en la siembra de un grano u otro, incentivados exclusivamente por las modificaciones de los precios relativos.

4.2. Estimaciones econométricas realizadas

El mejor ajuste (lineal logarítmico) se logró empleando como variable dependiente la participación del área sembrada de soja en el área sembrada total. Esta última incluye el área sembrada de soja y la superficie dedicada a maíz y girasol, que son los posibles sustitutos de la soja.

Como variables explicativas contiene el precio rela-

tivo soja/maíz desfasado un período y la variable endógena rezagada.

La función estimada es la siguiente:

$$\log \frac{As_t}{TA_t} = \log a + k + k b \log \frac{Ps_{t-1}}{Pm_{t-1}} + (1-k) \log \frac{As_{t-1}}{TA_{t-1}} + U_t$$

Los resultados obtenidos son los que se indican a continuación:

$$\log \frac{As_t}{TA_t} = 1,546 (2,362) \log \frac{Ps_{t-1}}{Pm_{t-1}} + 0,874 (11,236) \log \frac{As_{t-1}}{TA_{t-1}} - 1,369 (-1,811)$$

Elasticidad de ajuste	Elasticidad área-precio		Estadísticos						
	k	C.P.	L.P.	R ²	\bar{R}^2	D.W.	H	F	ETE
	0,126	1,546	12,270	0,967	0,962	1,215	1,651	191,117	0,426

Los números entre paréntesis debajo de cada coeficiente corresponden a los valores t del test de Student.

Se ha seguido la siguiente notación:

As : área sembrada de soja

TA : área sembrada de soja, maíz y girasol

Ps : precio de la soja

Pm : precio del maíz

De esta forma, un aumento (disminución) del 1% en el

precio relativo soja/maíz determina un incremento (disminución) del 1,546% en la participación del área sembrada de soja en el total de la superficie cultivada. Como el loga ritmo es distributivo respecto del cociente, la variable dependiente se puede expresar como el $\log A_{s_t} - \log T_{A_t}$.

De esta manera, también es cierto que un incremento (disminución) en el precio relativo (soja/maíz)_{t-1} determina un aumento (disminución) en el área sembrada de soja en t.

El coeficiente de la variable precio relativo soja/maíz presenta el signo esperado a priori (positivo) y es sig nificativamente distinto de cero con un nivel de significancia del 5%. Toma el valor 1,546 que representa la elas ticidad área sembrada-precio de corto plazo.

El coeficiente de la variable endógena rezagada tiene signo positivo y es significativamente distinto de cero con un nivel de significancia del 5%. Como su valor es al to, la elasticidad de ajuste resulta baja. Esto último in dica que existen rigideces que impiden que se alcance, den tro del período, el área deseada. Estas rigideces expli can la diferencia entre el cambio observado y el cambio de seado en la superficie sembrada. Probablemente, esto se de ba a la necesidad que tienen los productores de soja de uti lizar insumos especiales (inoculantes, semillas, cierto tí po de maquinarias, etc.); a una mayor proporción de costos fijos, y a ciertos elementos que hacen a la organización de la explotación sojera.

De esta forma, el 90,6% del efecto total de largo pla zo se cumple en 17 años.

El poder explicativo de la función estimada es impor tante, dado que el coeficiente de determinación múltiple ajustado por los grados de libertad es igual a 0,962.

El análisis del estadístico Durbin Watson permite in ferir que la autocorrelación de residuos es indeterminada con niveles de significación del 2,5% (error 5%). Como se

estimó una función dinámica se incluyó además el estadístico H de Durbin, ya que el Durbin Watson podría, en este caso, subestimar la existencia de autocorrelación de residuos. No obstante, conviene aclarar que la validez de este estadístico se ve limitada en tamaños muestrales pequeños (menos de treinta observaciones).

Finalmente, los valores de las elasticidades área sembrada-precio de corto y largo plazo revelan una alta respuesta de los productores de soja al estímulo de los precios. Este resultado permite afirmar que los productores de soja actúan racionalmente 5/.

Por otro lado, trabajando con funciones dinámicas similares a la expuesta, se intentó reemplazar el precio relativo (soja/maíz) $t-1$ por las siguientes variables independientes:

- a. precio relativo (soja/girasol) $t-1$
- b. precio relativo soja/maíz y precio relativo soja/girasol, ambos en $t-1$
- c. precios de soja $t-1$, maíz $t-1$ y girasol $t-1$
- d. precio relativo (soja/ponderado maíz-girasol) $t-1$. La ponderación se hizo por el área sembrada

Pero en ninguno de estos casos se logró un buen ajuste, debido a la falta de significatividad estadística del o de los coeficientes de precios o por ser el coeficiente de la variable endógena desfasada superior a la unidad.

4.3. Incorporación del cambio tecnológico

Si se observa la evolución del área sembrada de soja se nota que prácticamente se triplica en el período 1971/72.

Para investigar la posibilidad de un cambio estructu

ral a partir del período mencionado, se agregó a las expresiones planteadas en 4.2. una variable binaria, que tomó valor cero para los períodos anteriores a 1971 y valor uno desde 1971 en adelante. Si bien esta variable correctiva presentó el signo esperado (positivo) y fue significativa (con un error del 10%) en la mayor parte de las regresiones, no se obtuvieron buenos resultados, ya sea porque el o los coeficientes de precios no fueron significativos estadísticamente, o bien porque la variable dependiente rezagada presentó un valor mayor que uno.

Sin embargo, si se acepta que las condiciones climáticas afectan en forma similar a la soja y a sus posibles sustitutos, es factible captar el desarrollo tecnológico por medio de los rendimientos relativos $\frac{6}{}$. Si además se asimilan los rendimientos relativos esperados en t a los obtenidos en el período inmediato anterior, se puede presumir que un aumento de los rendimientos relativos en el período $t-1$ estimule en el período siguiente el incremento del área cultivada.

Conviene aclarar que la incorporación de tecnología por parte de los productores puede significar que éstos empleen nuevos insumos (semillas, agroquímicos) o bien que adopten nuevos esquemas para manejar sus recursos (prácticas culturales, control de plagas y enfermedades, etc.).

Se incluyeron, entonces, los rendimientos relativos (soja/maíz) $_{t-1}$ y (soja/girasol) $_{t-1}$ en ecuaciones similares a las testeadas en el apartado 4.2., habiéndose logrado los mejores resultados en las expresiones A) y B).

$$\begin{aligned}
 \text{A) } \log \frac{As_t}{TA_t} &= 1,741 \log \frac{Ps_{t-1}}{Pm_{t-1}} + 0,779 \log \frac{Rs_{t-1}}{Rg_{t-1}} + \\
 &\quad (3,005) \quad (2,230) \\
 &+ 0,729 \log \frac{As_{t-1}}{TA_{t-1}} - 2,519 \\
 &\quad (7,741) \quad (-3,002)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{B) } \log \frac{As_t}{TA_t} &= 1,515 \log \frac{Ps_{t-1}}{P_{pm-g_{t-1}}} + 1,037 \log \frac{Rs_{t-1}}{Rg_{t-1}} + \\
 &\quad (2,671) \\
 &+ 0,778 \log \frac{As_{t-1}}{TA_{t-1}} - 1,951 \\
 &\quad (8,573) \quad \quad \quad (-2,596)
 \end{aligned}$$

Elasticidad de ajuste	Elasticidad de área-precio		Estadísticos						
	k	C.P.	L.P.	R ²	\bar{R}^2	D.W.	H	F	ETE
A)	0,271	1,741	6,424	0,977	0,971	1,467	-	167,985	0,373
B)	0,222	1,515	6,824	0,974	0,968	1,650	-	152,483	0,391

Donde:

- As : área sembrada de soja
- TA : área sembrada de soja, maíz y girasol
- Ps : precio de soja
- Pm : precio de maíz
- Ppm-g : precio ponderado de maíz y girasol
- Rs : rendimiento por hectárea de soja
- Rg : rendimiento por hectárea de girasol

Al comparar estos resultados con el obtenido por la regresión presentada en el punto 4.2., se puede establecer lo siguiente:

- . En las regresiones A) y B) el coeficiente de la variable

de precio relativo tiene el signo esperado (positivo) y es significativo con un nivel de significancia del 5%. Otro tanto puede decirse del coeficiente de la variable de rendimiento relativo y del coeficiente de la variable endógena rezagada.

- . Los coeficientes de determinación múltiple ajustados por los grados de libertad prácticamente no se alteran.
- . Los estadísticos D.W. mejoran por la inclusión de otra variable independiente relevante; pero, mientras que en la regresión A) la autocorrelación de residuos sigue siendo indeterminada con niveles de significación del 2,5% (error 5%), en B) la autocorrelación serial desaparece.
- . Tanto en A) como en B) el proceso de ajuste es más rápido, ya que la elasticidad de ajuste se incrementa en ambos casos.
- . Por último, se puede decir que las elasticidades de corto plazo no se modifican sustancialmente y que, en cambio, las de largo plazo se reducen a la mitad.

4.4. Restantes estimaciones

En las restantes estimaciones econométricas realizadas 7/ (especificadas en forma lineal y lineal logarítmica), el coeficiente de la variable dependiente rezagada resultó mayor que uno, lo que representa un inconveniente para la aplicación del modelo de Nerlove.

No obstante, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

El coeficiente de la variable Precio real de la soja en $t-1$, en casi todas las regresiones estimadas, resultó significativo (al 90% de confianza) y con el signo esperado a priori (positivo). Otro tanto ocurrió con el coeficiente de la variable endógena rezagada.

- . El coeficiente de la variable Precio real del maíz en $t-1$, en todos los casos tuvo el signo esperado (negativo), aunque no fue estadísticamente significativo.
- . El coeficiente de la variable Precio real del girasol en $t-1$ tuvo en los ajustes realizados signo positivo (contrario a lo esperado) y en ningún caso resultó significativo.
- . También se incluyeron como variables explicativas el área sembrada de maíz en t y el área sembrada de girasol en t , pero los resultados obtenidos no permiten ser concluyentes respecto del signo y significancia de los coeficientes β , excepto para la superficie cultivada de girasol que arrojó siempre signo positivo (inverso al esperado).
- . Por último, se incluyó el área sembrada de trigo en t . Como puede sembrarse soja después de la cosecha de trigo (segunda siembra), se pensó que incrementos (disminuciones) en el área sembrada de trigo en t explicarían aumentos (disminuciones) en el área sembrada de soja en t . En la mayor parte de los casos el coeficiente tuvo el signo esperado (positivo), pero no resultó significativo.

5. CONCLUSION

Se empleó un modelo de rezagos distribuidos para explicar las variaciones de las áreas sembradas de soja, en la provincia de Santa Fe (principal productora de la Argentina), dado que, como se demuestra, es necesario cierto tiempo para que los productores respondan en forma total a los cambios en los precios relativos.

Los resultados confirman, una vez más, la importancia que tienen los precios esperados en la asignación de tierra para la producción agropecuaria.

PRECIO REAL DE:

Período	Soja	Maíz	Girasol	Ponderado maíz-girasol
	Promedio noviembre-octubre			
	(\$ tonelada)			
1963/64	59	32	76	39
1964/65	58	33	57	39
1965/66	49	30	52	35
1966/67	51	32	49	36
1967/68	58	30	48	34
1968/69	60	33	57	37
1969/70	57	33	61	39
1970/71	57	27	66	35
1971/72	69	26	73	36
1972/73	74	29	59	36
1973/74	70	27	58	32
1974/75	47	16	29	18
1975/76	75	20	68	29
1976/77	75	25	81	45
1977/78	55	27	64	41
1978/79	45	20	52	30

FUENTE: Áreas sembradas y precios: Bolsa de cereales.

NOTAS: Para obtener los precios reales se empleó el índice de precios mayoristas no agropecuarios.

El período anual se definió entre el primero de noviembre y el 31 de octubre siguiente.

Para la construcción de los precios relativos se utilizaron dos decimales, y en los casos de la participación del área cultivada de soja en el total del área sembrada (variable endógena) y en el de la variable de rendimientos relativos se emplearon cuatro decimales.

RENDIMIENTOS DE:

Período	Soja	Maíz	Girasol
(Kilogramos por hectárea)			
1963/64	982	2.367	692
1964/65	809	1.956	722
1965/66	1.056	2.782	721
1966/67	1.251	3.153	972
1967/68	1.109	2.689	1.159
1968/69	1.068	2.151	844
1969/70	1.152	2.863	915
1970/71	1.700	2.952	723
1971/72	1.145	1.938	616
1972/73	2.043	3.259	556
1973/74	1.296	3.257	853
1974/75	1.373	2.812	787
1975/76	1.765	1.820	918
1976/77	2.395	4.191	615
1977/78	2.353	4.889	733
1978/79	2.529	4.183	788

AREAS SEMBRADAS EN SANTA FE DE:

<u>Período</u>	<u>Soja</u>	<u>Maíz</u>	<u>Girasol</u>	<u>Trigo</u>
	(Miles de hectáreas)			
1963/64	4,4	823,0	156,0	908,0
1964/65	4,2	824,6	278,0	901,5
1965/66	4,0	820,6	229,4	736,2
1966/67	3,1	819,7	275,9	780,4
1967/68	2,3	828,7	225,0	755,3
1968/69	3,0	957,9	211,8	741,0
1969/70	8,8	1.005,0	250,4	629,0
1970/71	10,5	1.090,0	270,0	586,0
1971/72	37,0	1.175,0	300,0	740,0
1972/73	100,0	991,0	325,0	875,0
1973/74	190,0	872,0	161,0	637,5
1974/75	216,0	828,0	164,0	672,0
1975/76	250,0	860,0	197,0	759,0
1976/77	435,0	470,0	260,0	960,0
1977/78	714,0	470,0	300,0	710,0
1978/79	879,0	519,0	233,0	760,0
1979/80	850,0	460,0	200,0	838,0

- 1/ Es el método más difundido en la Argentina para la elaboración de aceite de soja.
- 2/ Además, para la adquisición de ganado, es necesario un capital de giro que no siempre está a disposición de los productores pequeños.
- 3/ Debe considerarse que los rendimientos están influidos por factores exógenos. No obstante, si no se cumpliera este supuesto se estaría subestimando la elasticidad de oferta.
- 4/ Se hizo esta simplificación porque se dispuso de pocas observaciones.
- 5/ En el largo plazo hay mayor facilidad para reasignar factores productivos.
- 6/ Por otro lado, debe tenerse en cuenta que en la Argentina casi no se emplean fertilizantes inorgánicos en los cultivos de soja, girasol y maíz. En consecuencia, no resulta tan alejado de la realidad pensar que no existe relación (ex-ante) entre el precio relativo de la soja y los rendimientos relativos.
- 7/ En estos ajustes la variable dependiente fue el área sembrada de soja. Además, se trabajó con el 90% de confianza.
- 8/ O sea que en la mitad de las pruebas efectuadas la variable fue significativa y en la otra mitad no.

Referencias Bibliográficas

- 1/ COSCIA, A. Soya. Sus perspectivas económicas en la Argentina. Informe técnico N° 112. INTA Pergamino. 1972.
- 2/ FOX, Karl.: Manual de econometría, Amorrortu Editores, Buenos Aires, 1973.
- 3/ JOHNSTON, J.: Econometric Methods, Mc-Graw-Hill, Tokyo, 1963.
- 4/ NERLOVE, Marc.: The Dynamics of supply. The Johns Hopkins Press, 1958.