Universidad de San Andrés

Departamento de Economía

"El impacto de la soja genéticamente modificada sobre el área sembrada de soja"

María Carolina Gentile

Mentor: Sebastián Galiani

Victoria Mayo, 2004

Abstract

El presente trabajo estudia el impacto que tuvo la semilla RR sobre el área sembrada de soja en la Argentina. Debido a la presencia de raíces unitarias en las series el efecto se mide mediante el análisis de cointegración. Se trabaja con un modelo de series temporales, abarcando el período comprendido entre los años 1970-2003. Los resultados de dicho análisis presentan que la semilla tuvo un impacto sobre el área sembrada de soja independientemente de la reducción de costos que provoca.

QUAERERE VERUM
Universidad de
SanAndrés

Agradezco a mi mentor, el Prof. Sebastián Galiani, por su paciencia y haberme guiado en el desarrollo de esta investigación; al Ingeniero Marcelo Regúnaga por sus útiles y valiosos comentarios, y a Mariano Negri por su colaboración.

Índice

Introducción 1

Sección 1: La Soja 3

1.1 Los OMG y la Soja RR 3

1.2 Su incorporación al mercado argentino 4

1.3 Los beneficios de la Soja RR (tolerante al glifosato) 5

Sección 2: Metodología 13

2.1 El modelo 13

1. Estacionariedad 14

2. Cointegración 18

3. La Metodología de Engle y Granger 20

4. Test de Johansen 24

2.2 Datos 27

Sección 3 29

3.1 Resultados 29

3.2 Conclusiones 36

Anexo 39

Bibliografía 44

QUAERERE VERUM
Universidad de
SanAndrés

Introducción

En los últimos años ha surgido un importante debate a nivel mundial respecto a la conveniencia, desde el punto de vista de la salud humana y del medio ambiente, de aplicar a los alimentos los desarrollos de la biotecnología, en particular del uso de organismos transgénicos o genéticamente modificados (OGM).

Como era de esperar, la aparición de nuevas y revolucionarias tecnologías, produjo de inmediato dos posiciones claramente definidas. Los defensores de la utilización de OGM, ponderan en mayor medida los múltiples beneficios que se asocian a esos avances tecnológicos. Los OGM permiten, entre otras cosas, la obtención de alimentos con mejoras nutricionales, menos usos de herbicidas y pesticidas y aumentos en los rendimientos agropecuarios. El grupo de los detractores, en cambio, enfatiza los eventuales riesgos que sobre el medio ambiente y la salud humana podrían derivase de la producción y creación de tales organismos, los que - en razón de lo reciente de su descubrimiento- aún no han sido adecuadamente precisados y delimitados. Si bien esta controversia sigue latente, a nivel mundial se observa una incorporación masiva de los OGM, especialmente en el caso de la soja.

La soja genéticamente modificada, introducida comercialmente en Argentina a partir de 1996, es uno de los OGM cuyo uso se ha extendido en mayor medida y en menor tiempo. Así es como en este país en el brevísimo plazo de seis años a partir de la liberación de su venta al mercado, la semilla de soja RR, pasó a ser utilizada en más del 95% del área sembrada de esa oleaginosa. La soja RR, es una modificación de la soja convencional que permite el uso del herbicida glifosato, que según se explicará más adelante presenta ciertos beneficios durante el proceso de siembra y cosecha.

La soja se ha convertido en el cultivo paradigmático de la agricultura argentina ya que si bien el área sembrada aumentó en forma constante a partir de la introducción de este grano al país en los años setenta, en la década de los noventa y principalmente luego de la

QUAERERE VERUM
Universidad de
SanAndrés

introducción de la soja GM se observa un crecimiento explosivo del área sembrada. Es este cambio en la agricultura argentina el que motiva el presente trabajo de licenciatura.

En este trabajo se medirá, de manera econométrica, el impacto que tuvo la soja genéticamente modificada sobre dicha modalidad de crecimiento del área sembrada. En otros términos, lo que se busca es establecer el efecto causal de la incorporación en el mercado de la soja RR, sobre el área sembrada de soja.

La manera en que se pretende analizar empíricamente este impacto es mediante un modelo de series temporales. La forma directa de evaluar el "efecto transgénico" es mediante la incorporación de una variable binaria, la cual tomará valor cero para aquellos años donde no estaba a la venta la semilla GM, y valor 1, para los años en que sí estaba a la venta. El cambio en esta variable se da en el año 1996, cuando por primera vez se comercializa la soja RR. Asimismo, se agregan controles como rendimiento, precio y costo además de la variable binaria para poder aislar el efecto de la semilla. Las series utilizadas se extienden entre los años 1970 y el 2003. Este reducido número de años impone la necesidad de utilizar un modelo más parsimonioso, lo que en cierta medida constituye una limitante del presente trabajo.

Para poder entender en completitud el análisis, esta tesina está dividida en diferentes secciones. La primera sección, analiza qué son los organismos genéticamente modificados; el caso de la soja, la incorporación de la misma en la Argentina y por último sus beneficios para el caso argentino. La segunda sección describe la metodología empleada, explica la problemática de las series temporales, como también el tipo de data con la cual se cuenta. Finalmente la sección tres detalla los resultados y describe las conclusiones del trabajo.

QUAERERE VERUM
Universidad de
SanAndrés

Sección 1: La Soja

1.1 Los OGM y la Soja RR

Los recientes descubrimientos biotecnológicos han dado origen a un tipo de organismos, los OGM, que hoy en día son cada vez más conocidos y esenciales para la agricultura. Los OGM son un conjunto de organismos cuya composición genética se encuentra modificada mediante la incorporación de uno o más genes. Esta diferencia permite que varíen ciertas características del organismo.

Estos organismos difieren de los híbridos no transgénicos en que estos últimos surgen de cruces sexuales entre plantas o animales de la misma especie o especies emparentadas, con el objeto de producir descendientes con mayor capacidad de rendimiento que los padres. (Cetrángolo y Fernández, 2003)

Asimismo, como mencionan estos autores, los OGM son creados mediante modificaciones puntuales sin ser reproducidos sexualmente. La información genética nueva se introduce de forma no sexual al genoma normal de la especie.

El caso de estudio de este trabajo es uno de los más conocidos dentro de los organismos genéticamente modificados, que es el de la soja RR: Roundup Ready. Esta especie de soja difiere de la convencional en cuanto a que le fue insertado un gen producido por la ingeniería genética. Este nuevo gen contiene porciones de ADN de un microorganismo resistente al glifosato, uno de los más efectivos herbicidas para atacar las malezas que crecen en las plantaciones de soja (Cetrángolo y Fernández, 2003).

En conclusión la soja genéticamente modificada tiene las características tradicionales de la soja, más la tolerancia al glifosato, que es más efectivo en la eliminación de malezas, a lo que debe agregársele la reducción de insumos, las mayores facilidades que brinda al trabajo del agricultor, a la vez que tiene un menor poder residual.

1.2 Su incorporación al mercado argentino

"La adopción de la soja transgénica en Argentina constituye uno de los casos de mayor dinamismo en la incorporación masiva de una innovación tecnológica en la historia de la agricultura mundial"

(Regúnaga, Fernández, Opacak,2003)

La incorporación de los cultivos genéticamente modificados en la agricultura argentina han mostrado características disímiles entre los distintos granos y las diversas regiones del país. En algunos casos su utilización ha sido gradual, tal el caso de los híbridos de maíz y ciertas variedades de trigo, mientras que en otros su aplicación ha sido casi prácticamente instantánea. En el caso del maíz y el trigo, con germoplasma mejicano, han tardado aproximadamente veintisiete y diecisiete años respectivamente para llegar alcanzar el 90 por ciento del área total cultivada. En cambio, la semilla de soja RR - resistente al glifosato- ha mostrado una incorporación cuya velocidad no tiene precedente.

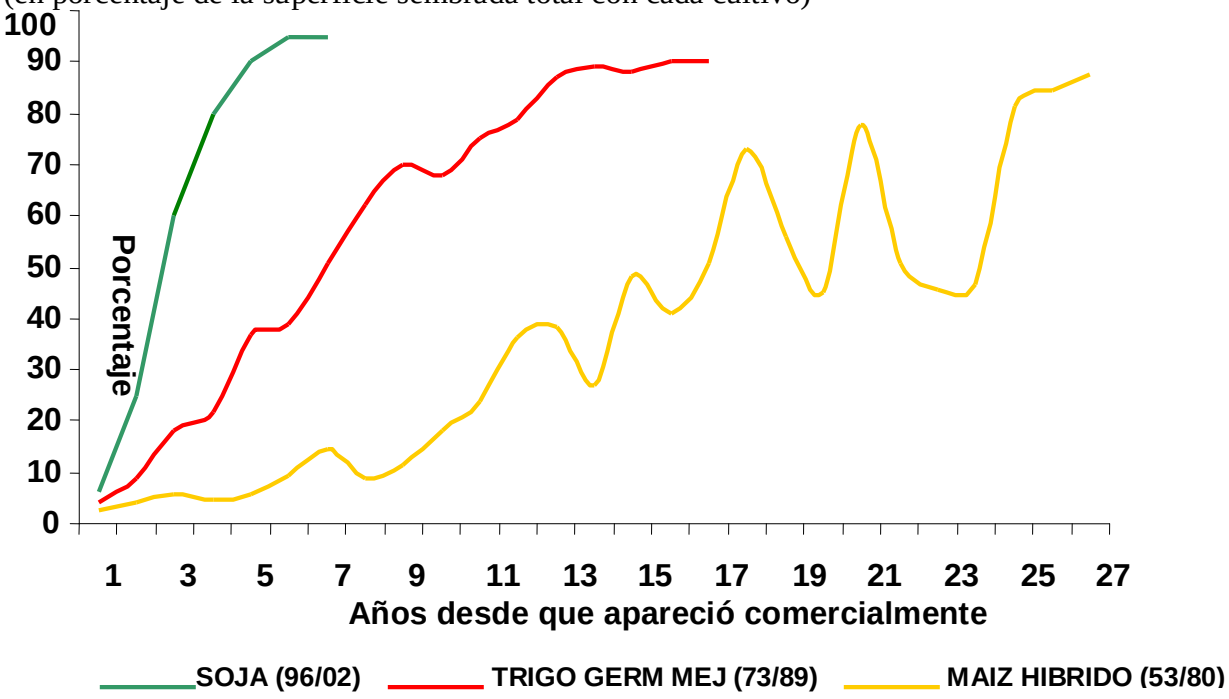
Cinco años después de 1996, año en el cual fue introducida la semilla de soja RR en el mercado, aproximadamente el 95 por ciento del área total sembrada de soja correspondía a ese tipo de semilla. Esto se debe a los beneficios de la dupla, la semilla de soja RR y la siembra directa, que brinda mayor simplicidad, menores costos y mejor rentabilidad relativa frente a otros cultivos alternativos, como también frente a la ganadería. (Regúnaga, Fernandez, Opacak, 2003)

Finalmente, comparando la introducción de la soja RR en Estados Unidos con la incorporación de la misma en la Argentina, se destaca que en USA la utilización de la semilla genéticamente modificada, representaba al cabo de seis años, tan solo el 68 por ciento de la superficie total cultivada de soja.

En el Gráfico 1 adjunto, se describe el tiempo que le ha tomado a la soja RR en incorporarse al área sembrada argentina comparándola con otras dos innovaciones biotecnológicas significativas para nuestro país.

Gráfico 1

(en porcentaje de la superficie sembrada total con cada cultivo)



Fuente: Datos de Penna, J. y D. Lema (2002), ASA y SAGPyA

1.3 Los beneficios de la Soja RR (tolerante al glifosato)

El desplazamiento que tuvo la ganadería en beneficio de la agricultura en la década del setenta como la del ochenta, en las principales zonas agrícolas del país y en particular en la Región Pampeana, impactó negativamente tanto sobre la fertilidad como sobre la conservación del suelo. Esta situación se vio empeorada aún más en la década del noventa, cuando la actividad agrícola mostró una mayor rentabilidad frente a la actividad ganadera. Este proceso de "agriculturalización" (Regúnaga 2003) que se dio en la Argentina trajo aparejado problemas de sustentabilidad de la actividad agrícola por el desgaste del suelo.

La siembra directa, conjuntamente con la soja RR tolerante al glifosato, es un paquete tecnológico que posibilita tanto el aumento de la rentabilidad asociado a la expansión de la agricultura, como darle sustentabilidad a la misma. La dupla genera sinergias para lograr mejores resultados. Estos se detallan a continuación.

La siembra directa es la operación de siembra de los cultivos, en suelos no preparados mecánicamente, en los que se abre un surco que solamente tiene el ancho y la profundidad suficiente para obtener una buena cobertura de la semilla, sin ninguna otra preparación mecánica. A su vez, el suelo permanece cubierto con residuos de cultivos comerciales o de abonos verdes y la mayor parte de los residuos permanecen sin remover en la superficie del suelo después de la siembra (Phillips y Young, 1973).

Este método de siembra tiene la cualidad de proteger al suelo con una cobertura permanente de rastrojos, que le da estabilidad a los agregados que lo forman y contribuye a generar un aumento en la materia orgánica al cabo de ciertos años. Con ello se limita además la erosión (hídrica y / o eólica) y se optimiza la economía del agua en el perfil del suelo (Regúnaga, 2003).

Mejoras y beneficios

La evidencia empírica[1] muestra que las ventajas en el manejo del cultivo que se logran con la incorporación de esta tecnología resultan cualitativa y cuantitativamente ya que simplifica el manejo de esta oleaginosa.

Según Fernandez, Opacak y Regúnaga *(*2003), la siembra de soja RR-glifosato unida a la siembra directa, implica la utilización de un menor número de herbicidas ya que se utiliza principalmente el glifosato. Asimismo, cabe agregar que éste contiene baja toxicidad y menor residualidad en los suelos, cuando se lo compara con los herbicidas utilizados en las siembras convencionales. El mismo se inactiva al tomar contacto con el suelo, por lo que sus fitotóxicos no permanecen en el tiempo. De esta manera, se evitan problemas de residualidad para las posteriores sembradas.

[1] En un estudio realizado recientemente por investigadores de la Universidad de Buenos Aires (Bocchicio, 2002).

En cambio, los herbicidas que se usan para los planteos de soja convencional tienen alta residualidad; esto requiere de mayores lluvias (aproximadamente 400 mm), para que el cultivo sucesor no sufra sus efectos fitotóxicos. Este atributo del glifosato, es clave en las regiones sub-húmedas y semi-áridas, debido a que dicha cantidad de lluvia no es frecuente en el período que media entre dos ciclos agrícolas.

Otros de los beneficios que otorga la combinación soja GM-SD es la obtención de rendimientos más estables a lo largo del tiempo. Esto se debe al aumento de la eficiencia del uso del agua, en los años con déficit hídrico. El menor número de labores, la garantía que da el glifosato frente al control de malezas (que de otro modo consumirían parte del agua del perfil) y la cobertura del suelo, brindan la posibilidad de disponer de la humedad requerida para la siembra, aún en condiciones de escasez temporaria de agua. A su vez, el uso eficiente del agua contribuye a tener resultados más seguros, dado la incorporación de otros insumos tales como los fertilizantes nitrogenados. (Todos estos resultados se obtuvieron de un estudio realizado por la Facultad de Agronomía)

Por otra parte, el problema del suelo y la sustentabilidad son problemas primordiales para el desarrollo de la agricultura mundial. En esta área se observa que la soja RR con la siembra directa, brinda una oportunidad para aumentar la sustentabilidad de las rotaciones de agricultura permanente, en virtud de que requiere un menor número de labranzas que las técnicas convencionales. Así mismo mantiene una cobertura vegetal que realiza aportes a la estructura del suelo y utiliza herbicidas de baja toxicidad y residualidad. Debe mencionarse, que el paquete siembra directa-soja RR contribuye a dar sustentabilidad a las rotaciones de agricultura permanente como por ejemplo trigo-soja, pero el monocultivo de soja puede generar problemas sanitarios y de nutrientes a mediano y largo plazo. Esta no es una característica propia de la soja, sino de cualquier monocultivo que en el largo plazo se torna indeseable. (Regúnaga, 2003)

En la Tabla 1 se observa como los requerimientos de laboreos se reducen en un tercio o más cuando se usa la técnica siembra directa–soja RR en la relación a los laboreos

correspondientes a los planteos convencionales. (El cuado se encuentra medido en unidades de trabajo agrícola (UTA)).

Tabla 1[2]

Cultivos	Regiones						
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Soja 1° LC, SC	4,4	3,7	3,6	4,2	5,4	4,3	4,6
Soja 1° LC, RR	4,2	3,6	3,8	s/d	5,5	3,6	4,8
Soja 1° SD, SC	2,9	2,1	s/d	1,8	s/d	1,5	2,2
Soja 1° SD, RR	2,7	2,4	2,5	1,8	3,5	1,3	2,2

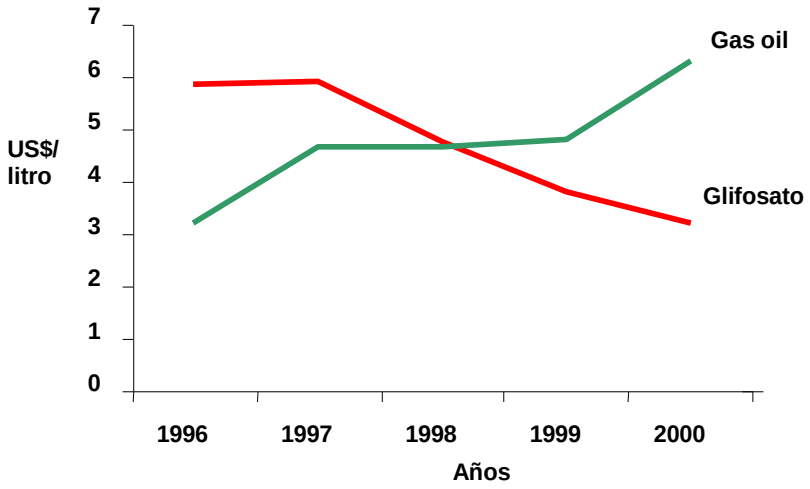
Fuente: Revista Agromercado,

Nota: LC Labranza convencional; SD Siembra directa; SC Semilla convencional; RR Semilla RR; s/d sin datos.

La reducción en el número de labores tiene otros beneficios con relación a la organización del sembrado y a la conservación del medio ambiente. Por una parte, implica un menor requerimiento de maquinaria agrícola y de mano de obra, por lo que simplifica el manejo de los factores de producción. Por otra, permite la reducción del consumo de gas oil, tanto para los laboreos como para el control de malezas. Esto no sólo tiene implicancias económicas sino también disminuye la liberación de carbono al medio ambiente disminuyendo la contaminación. (Bocchicio, 2002)

Paralelamente al beneficio ambiental se ha registrado en los últimos años una reducción importante en el precio de glifosato a diferencia del gas oil, cuyo precio ha aumentado según la Revista Agromercado 2000. Las implicancias de esta variación de precios en los insumos, son obviamente benéficas para el agricultor, alentando de este modo el uso de la soja RR. El gráfico 2 muestra cómo ha variado el precio de cada insumo medido en dólares por litro.

Gráfico 2



Fuente: Revista Agromercado 2000.

Por último, cabe agregar que mediante el uso de la semilla de soja transgénica, se observa un menor uso de herbicidas, ya sea bajo el uso de labranza convencional o de siembra directa.

La disminución de costos en agroquímicos particularmente en herbicidas permite una reducción de aproximadamente 30 a 45 dólares por hectárea. La tabla 2 que se presenta a continuación, detalla el tipo y costo de aplicación de herbicidas e insecticidas utilizados para distintas aplicaciones tecnológicas en la Región Norte de Buenos Aires- Sur de Santa Fe que es la región núcleo.

[2] Para comprender mejor la tabla en el anexo se encuentra una descripción de las regiones.

Tabla 2

Insumos	LC, Sem. Conv.		LC, Sem. RR		SD, Sem. Conv.		SD, Sem. RR	
	Cant/ha	U$S/ha	cant/ha	U$S/ha	cant/ha	U$S/ha	Cant/h	U$S/ha
Preemergentes		21,9				21,9		
Control hoja ancha		14,3				14,3		
Graminicidas		13,5				13,5		
Cipermetrina (cm3/ha)	120	1,0	120	1,0	120	1,0	120	1,0
Insecticida (1,5 pasadas)		13,1		13,1		13,1		13,1
Glifosato (l/ha)			5	16,7	4	13,4	8	26,8
Misil 1 (cm3/ha)					100	3,9	100	3,9
2-4D 100% (l/ha)					0,5	2,1	0,5	2,1
Aplic. Agroq. (UTA)	1,44	25,3	1,23	21,6	1,79	31,5	1,58	27,8
Costo aplic. herb/insect.		89,0		52,4		114,5		74,6

(en unidades físicas y en dólares por hectárea)

Fuente: Agromercado

Notas: LC: Labranza Convencional; SD: Siembra directa; SC: Semilla convencional; RR: Semilla RR. Costos en dólares por hectárea. Precios del ciclo 2001/02

Los costos directos de producción, según las regiones y los tipos de labranza utilizados, mediante el uso de la soja RR-siembra directa se ven reducidos gracias a la existencia de la semilla. La disminución de los costos directos se debe a la disminución en los costos de las labores y de los agroquímicos, particularmente los herbicidas como se mencionó antes y a su vez al no darse una suba en el precio de la semilla. Para la Argentina lo que se observa, de la entrevista realizada por la facultad de Agronomía a los productores de la zona núcleo, es que no hay diferencia en los costos de ambas semillas (convencional/transgénica) porque un alto porcentaje de los agricultores utiliza semilla fiscalizada o multiplica las mismas en su campo. De no ser así, lo que se vería es que los costos de compra a los semilleros de semilla transgénica (0.45 dólares el Kg. frente a 0.22 dólares el Kg. en el caso de la semilla convencional), darían lugar a un aumento del cien por ciento en los costos directos de la semilla.

La soja RR constituye una de las alternativas de menor costo en las todas las regiones analizadas[3] (Tabla 3)

Tabla 3. (En dólares por hectárea)

Regiones	Semilla Convencional					Semilla Transgénica				
	Lab. Cult.	Semilla	Agroq.	Interés	Total	Lab. Cult.	Semilla	Agroq.	Interés	Total
1 LC	78	25	64	12	**178**	75	25	31	9	**139**
1 SD	51	28	83	11	**173**	47	28	46	8	**130**
2 LC	59	25	30	8	**121**	57	26	28	8	**119**
2 SD	34	23	50	7	**114**	34	23	29	6	**92**
3 LC	64	25	67	11	**166**	67	28	32	9	**135**
3 SD	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	43	29	79	11	**162**
4 LC	74	23	54	11	**162**	s/d	S/d	s/d	s/d	s/d
4 SD	31	26	55	8	**120**	31	26	26	6	**89**
5 LC	94	25	39	11	**170**	97	19	52	12	**179**
5 SD	s/d	s/d	s/d	s/d		61	19	68	10	**158**
6 LC	80	17	22	8	**127**	56	17	17	6	**96**
6 SD	28	20	24	5	**85**	24	20	24	5	**73**
7 LC	84	23	60	12	**179**	89	23	43	11	**165**
7 SD	41	26	72	10	**149**	41	26	51	8	**126**

Notas: LC: Labranza Convencional, SD: Siembra directa. Precios del ciclo 2001/02

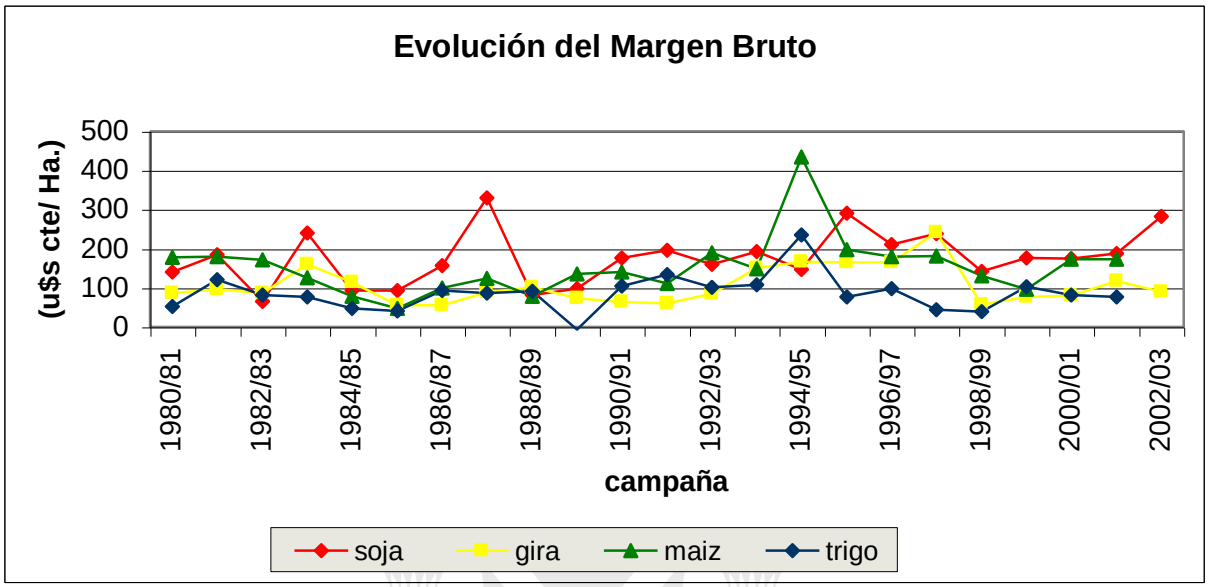
Ingresos/Márgenes Brutos

Según los estudios consultados, la semilla transgénica comparada con la semilla convencional no muestra un incremento en los rendimientos por cuanto se observa una similitud en los ingresos brutos.

Asimismo, cuando se analizan los márgenes brutos para los últimos veinte años, se observa que los márgenes de la soja luego de la introducción de la semilla, están por encima de los márgenes brutos de sus competidores en todos los años subsiguientes. El gráfico 3 adjunto muestra la evolución del margen bruto para el maíz, soja, girasol y trigo.

[3] Las regiones se encuentran detalladas en el anexo

Gráfico 3



Fuente: datos SAGPyA con elaboración propia.

QUAERERE VERUM
Universidad de
SanAndrés

Sección 2: Metodología

2.1 El modelo

En este capítulo se describirá el modelo utilizado para evaluar el efecto de la semilla de soja transgénica en el área sembrada de ese cultivo.

La relación que existe entre el área sembrada de soja y la semilla de soja transgénica se estima a través de una función que tiene al área sembrada como variable a explicar y cuyas variables explicativas son la existencia de la semilla transgénica y un grupo de variables control. Esta función podría representarse de la siguiente manera:

$$ASSoja_t = F(X_{it}, Sem_t)$$

Donde ASSoja es la cantidad de área sembrada de soja en el período t, Sem es una variable binaria que refleja si estaba a la venta la semilla de soja transgénica en el período t y X son controles. Es así como, a través de la diferencia $E(ASS|Sem=1)-E(ASS|Sem=0) = \beta$, ceteris paribus, podemos identificar el efecto que tiene la semilla genéticamente modificada en el área sembrada de soja. Las variables incluidas en X, son variables que determinan el área sembrada, como rendimiento, precio, costos pero no sólo de la soja sino también de sus competidores y la semilla. La intención de incluir este grupo de variables control es aislar en su totalidad el efecto que se intenta medir. Es por eso que se tiene que hacer una selección categórica de las variables, para que el efecto de la semilla no se confunda con cualquier otro efecto que no haya sido captado en el resto de las variables incluidas.

Al tratarse de un modelo de series temporales anual conjuntamente con el factor que la soja empezó a cosecharse en la Argentina recién en la década del setenta se plantea un problema a la hora de estimar empíricamente el modelo ya que se cuenta con un número pequeño de observaciones. Frente a esta limitación se estimará un modelo más parsimonioso:

$$ASSoja_t = \alpha + \beta_0 PSoja_t + \beta_1 RSoja_t + \beta_2 CSoja_t + \beta_3 Sem_t + \mu_t \quad (1.1)$$

Donde:

$ASSoja_t$: hectáreas sembradas con soja

$PSoja_t$: precio pizarra, es decir el precio que le queda al productor, por quintal de soja.

$RSoja_t$: rendimiento físico por hectárea

$CSoja_t$: costo promedio por hectárea producida

Sem_t: variable binaria 1 si existe la semilla y 0 sino

μ_t: error del modelo

Una vez seleccionadas las variables del modelo se debe tener en cuenta si las series son estacionarias o no estacionarias.

2.1.1 Estacionariedad

Existen diferencias entre procesos estacionarios y no-estacionarios. A continuación se detallaran las características de cada uno comenzando por las series estacionarias.

Una serie temporal es estacionaria cuando su media y autocovarianzas no dependen del tiempo. En otras palabras, la distribución conjunta de los dos primeros términos de la secuencia (x_1, x_2) tiene que ser igual a la distribución conjunta de (x_t, x_{t+1}) para todo $t \geq 1$ (Woolridge, 1987).

Asimismo, los shocks producidos sobre una variable estacionaria son temporarios, es decir, los efectos del shock se disipan a lo largo del tiempo ya que la serie vuelve a su media de largo plazo (Enders,1948).

Por otra parte, en el caso de tratarse de una serie no estacionaria se observan componentes permanentes, la varianza y la media dependen del tiempo; sin existir una media de largo plazo a la cual la serie retorna (Enders, 1948). Si la serie es no-estacionaria no existe ningún método que pueda estimarla ya que la serie se comporta de manera totalmente aleatoria.

Es de esta manera que ante todo se debe verificar que las series sean estacionarias. Dickey y Fuller (1979, 1981) desarrollaron un test para determinar si una serie es no-estacionaria o si tiene raíz unitaria. (El termino raíz unitaria quiere decir que la serie es no-estacionaria y que diferenciándola una vez se convierte en estacionaria). Dickey y Fuller consideraron tres ecuaciones diferentes que pueden ser utilizadas para analizar la presencia de raíz unitaria:

$$\Delta Y_t = \varsigma Y_{t-1} + \mu_t \qquad (2.1)$$

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \varsigma Y_{t-1} + \mu_t \qquad (2.2)$$

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \varsigma Y_{t-1} + \alpha_2 t + \mu_t \qquad (2.3)$$

La diferencia entre las tres regresiones involucra la presencia de los elementos determinísticos α_0 y $\alpha_2 t$. El primer modelo (2.1) es un random walk puro, el segundo añade una ordenada al origen o "drift" (2.2) y el último agrega el "drift" más una tendencia lineal.

El parámetro de interés en las ecuaciones es ς ya que si este es igual cero, la secuencia tiene una raíz unitaria. El test involucra estimar una o más ecuaciones usando OLS para obtener el valor estimado de ς y su desvió estándar. Comparando el estadístico t con el valor apropiado de la tabla de Dickey-Fuller, se determina si se acepta o rechaza la hipótesis nula que $\varsigma=0$. La metodología es equivalente independientemente de la ecuación que se esté estimando pero los valores críticos del estadístico t dependen de si la regresión se ha medido con intercepto y/o tendencia lineal. Cada ecuación contiene un estadístico diferente que debe ser usado para que los resultados sean los correctos.

Si se sabe el proceso de generación de datos, luego se sabrá cuál de las tres formas es la correcta. En caso de no saber cómo se generan los datos (como es en el caso de la soja) la determinación de que ecuación utilizar es clave.

Puede parecer razonable estimar la ecuación (2.3) ya que si el proceso se comporta como un random walk puro, la regresión determinará que $\alpha_0 = \varsigma = \alpha_2 = 0$ pero esto falla ya que la presencia adicional de parámetros innecesarios reduce grados de libertad y el poder de los

tests. La reducción de poder quiere decir que los resultados del proceso indican no rechazar la hipótesis de que la serie tiene raíz unitaria cuando debería ser rechazada. Además, los t apropiados para evaluar la hipótesis de raíz unitaria dependen de si se ha incorporado un intercepto o una tendencia lineal.

Frente a este problema, Doldado, Jenkinson y Sosvilla-Rivero (1990) sugirieron la siguiente metodología para evaluar la presencia de raíces unitarias cuando el proceso de generación de data es desconocido.

Primer Paso:

Utilizar el modelo menos restringido, es decir, el modelo (2.3). Este incluye la tendencia lineal y la constante. Luego evaluar la hipótesis nula de ς=0 utilizando el estadístico de Dickey-Fuller correspondiente. Si se rechaza la hipótesis nula, se concluye que la serie es estacionaria y se ha terminado el análisis, sino se continúa.

Segundo Paso:

Si la hipótesis nula no fue rechazada, es necesario saber si se han incluido demasiados regresores en la ecuación (2.3). Se testea la significatividad de la tendencia bajo la hipótesis nula que hay raíz unitaria, es decir, se testea si $\alpha_2 = 0$ dado que $\varsigma = 0$. Si la tendencia no es significativa procedo al tercer paso. Si rechazo la hipótesis de que la serie contiene raíz unitaria el análisis ha terminado.

Tercer Paso:

Estimar el modelo (2.2), sin tendencia lineal, y testear si hay raíz unitaria utilizando la tabla correspondiente. Si la hipótesis nula es rechazada, se concluye que no hay raíz unitaria. Si no es rechazada, se testea la significatividad de la constante. Si el “drift” no es significativo la serie se comporta como la ecuación (2.1), un random walk puro y se procede al paso cuatro.

Cuarto Paso:

Estimar el modelo como en ecuación (2.1). Usar el estadístico de Dickey-Fuller apropiado para un modelo sin drift ni tendencia y verificar la hipótesis nula. Si se acepta la hipótesis nula el proceso contiene raíz unitaria y es random walk.

A continuación se observan los resultados obtenidos para las series que utilizan en esta investigación.

Augmented Dickey Fuller

Variable	Con Constante	Sin Constante ni tendencia
Área		2.492764
Sembrada Soja		(-1.9592)
Precio soja	-2.078587	
	(-2.9627)	
Rendimiento		1.116842
Soja		(-1.9592)
Costos Soja	-2.078587	
	(-2.9627)	

Entre paréntesis los valores críticos usados en el ADF test con un 5% de significatividad

De la tabla de ADF, se concluye que los precios y los costos son random walks con drift mientras que el área sembrada y los costos son random walks puros. Las diferencias de estas variables son estacionarias. (Este resultado fue analizado y efectivamente las series son I(1)).

En el caso de modelar ecuaciones con series no-estacionarias la regresión puede llegar a ser espuria. En otras palabras, si bien, el R^2 es alto y los t-estadísticos son significativos, las series no están relacionadas. Los resultados de tales series reflejan solamente correlaciones contemporáneas pero no verdaderos efectos causales.

Por otro lado, existen casos donde si bien las series son no-estacionarios por separado, existe una combinación lineal de las mismas que hace que la relación entre ellas sea estacionaria permitiendo que mediante una corrección del modelo se pueda llegar a realizar inferencia estadística del mismo. Engle y Granger (1987) llaman a esta combinación, cointegración.

2.1.2 Cointegración

El concepto de cointegración fue introducido por Engle y Granger en el año 1987. El análisis de dicho concepto permite establecer relaciones de largo plazo entre variables o como detectaron Stock y Watson (1988), determinar si existen tendencias estocásticas comunes entre las variables.

Para formalizar el concepto se considera un conjunto de variables económicas que en el largo plazo tienen la siguiente característica:

$$\beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \beta_3 X_{3t} + \ldots + \beta_n X_{nt} = 0$$

Si β y X denotan los vectores $(\beta_1, \beta_{2,\ldots,} \beta_n)$ y $(X_{1t}, X_{2t}, \ldots, X_{nt})'$, el sistema se encuentra en equilibrio cuando $\beta X_t = 0$. Equilibrio para Engle y Granger se refiere a una relación de largo plazo entre variables no-estacionarias. Las desviaciones del equilibrio de largo plazo, llamados los errores de equilibrio, son los $e_{t,}$ tal que

$$\beta X_t = e_{t,}$$

Para que el equilibrio tenga sentido, los errores deben ser estacionarios. Engle y Granger (1987) definieron cointegración de la siguiente manera:

Los componentes del vector $X_t = (X_{1t}, X_{2t}, ,\ldots, X_{nt})'$ están cointegrados de orden d, b si:

1. **Todos** los componentes de X_t están integrados de orden d.

2. Existe un vector $\beta = (\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_n)$ tal que la **combinación lineal** de $\beta X_t = \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \beta_3 X_{3t} + \ldots + \beta_n X_{nt}$ está integrada de orden (d-b), donde b>0. El vector β se llama el vector de cointegración.

Para el caso de particular que concierne a este trabajo; dado que las variables son I(1), si la combinación lineal de $ASSoja_t - \alpha_t - \beta_0 PSoja_t - \beta_1 RSoja_t - \beta_2 CSoja_t - \beta_3 Sem_t = e_t$ es estacionaria, luego las variables están cointegradas de orden (1,1). En este caso el vector X_t es ($ASSoja_t$,1, $PSoja_t$, $RSoja_t$, $CSoja_t$,Sem_t) y el vector de cointegración es (1, $-\alpha_t$, $-\beta_0$, $-\beta_1$, $-\beta_2$, $-\beta_3$). Las desviaciones del equilibrio de largo plazo del área sembrada son representadas mediante e_t, y si e_t, es estacionario, estas desviaciones son temporarias.

Asimismo, Stock y Watson (1988) observaron que las variables que se encuentran cointegradas comparten tendencias estocásticas comunes que permiten comprender la relación de cointegración. Para entender mejor esta relación de largo plazo, supongamos dos procesos estocásticos $X_t = (y_t, z_t)$ integrados de orden uno que pueden ser descompuestos de la siguiente forma:

$$y_t = \mu_{yt} + \varepsilon_{yt} \quad (3.1)$$
$$z_t = \mu_{zt} + \varepsilon_{zt} \quad (3.2)$$

Donde:

μ_{it} : es un proceso random walk que representa la tendencia de la variable i en el período t.

ε_{it} : el componente estacionario de la variable i en el período t.

Si $\{y_t\}$ y $\{z_t\}$ están cointegradas de orden (1,1), deben existir valores no nulos para β_1 y β_2 para los cuales la combinación lineal $\beta_1 y_t + \beta_2 z_t$ sea estacionaria; esto significa que

$$\beta_1 y_t + \beta_2 z_t = \beta_1 *(\mu_{yt} + \varepsilon_{yt}) + \beta_2 *(\mu_{zt} + \varepsilon_{zt}) \quad (3.3)$$
$$= (\beta_1 \mu_{yt} + \beta_2 \mu_{zt}) + (\beta_1 \varepsilon_{yt} + \beta_2 \varepsilon_{zt}) \quad (3.3) \text{ bis}$$

Para que $\beta_1 y_t + \beta_2 z_t$ sea estacionaria, el termino $(\beta_1 \mu_{yt} + \beta_2 \mu_{zt})$ debe desaparecer ya que si alguna de las tendencias (ya sea la de y o la de z) aparecen en (3.3) la combinación lineal también tendrá una tendencia, ergo no será estacionaria. Dado que el segundo término en paréntesis de la ecuación (3.3) bis es estacionario, la condición necesaria y suficiente para que $\{y_t\}$ y $\{z_t\}$ estén cointegradas es que

$$(\beta_1 \mu_{yt} + \beta_2 \mu_{zt}) = 0$$

esto es que

$$\mu_{yt} = - (\beta_2 / \beta_1) * \mu_{zt}$$

Es decir que para que ambas variables estén cointegradas, las tendencias estocásticas deben ser iguales salvo por un escalar, donde el vector de cointegración es (β_1, β_2). De esta forma, si bien ambas series eran impredecibles individualmente, es posible predecir una combinación lineal de ambas una vez encontrado que las mismas están cointegradas. Finalmente, habrá cointegración cuando la tendencia de una variable puede ser expresada como una combinación lineal de tendencias de otras variables. Estos resultados pueden ser generalizados para casos con n variables.

2.1.3 La Metodología de Engle y Granger

Existe un número relativamente elevado de tests de cointegración los cuales difieren en términos de poder y aplicabilidad en nuestras pequeñas o en sistemas de ecuaciones. En este trabajo se utilizará la metodología de Engle y Granger. La razón por la cual se ha elegido esta metodología es porque la evidencia muestra que el desempeño de este test es superior en muestras pequeñas o cuando la especificación del modelo verdadero es desconocida (Hargreaves, 1994). Otros tests como el de Johansen y el de Engle y Yoo resultan superiores si el modelo es el correcto o cuando la muestra para el problema en cuestión es larga. En este caso, la modelación teórica utilizada, debido a la escasez de datos, hace que sea dudoso suponer que se cuenta con la especificación correcta. (Como antes se mencionó, el modelo utilizado en este trabajo es un modelo parsimonioso del

modelo estructural). Adicionalmente, la muestra de 33 observaciones no es lo suficientemente larga desde el punto de vista estadístico.

Al estar bajo la presencia de series no-estacionarios, se utilizará la técnica de ir desde lo general a lo específico. Primero se analizarán las propiedades de largo plazo del modelo y luego esta información se incluirá en el modelo dinámico de corto plazo.

Esta metodología se realiza en dos pasos. En primer lugar, se evalúa si las variables son estacionarias. Si no lo son, primero se estima por OLS la relación de cointegración. Para el caso de la soja sería:

$$ASSoja_t = \alpha_t + \beta_0 PSoja_t + \beta_1 RSoja_t + \beta_2 CSoja_t + \beta_3 Sem_t + \mu_t$$

Si las variables están cointegradas, la regresión por OLS da resultados súper consistentes de los parámetros estimados. Stock (1987) demostró que los parámetros estimados convergen más rápido que en los modelos de OLS con series estacionarias. Para determinar si las variables están cointegradas de orden (1,1), los residuos de la regresión de largo plazo estimada debe ser estacionaria. Para testear los residuos se utiliza el test de Dickey Fuller pero sin utilizar las tablas de Dickey-Fuller ya que no son las apropiadas debido a que no se observan los verdaderos residuos sino una estimación de los mismos. Es por esto que se utiliza la tabla de Engle y Yoo (1987). Solamente si los parámetros del modelo (1.1) fueran conocidos se podría usar la tabla de Dickey y Fuller. Asimismo, al analizar los residuos del modelo (1.1) con la tabla de Engle y Yoo se concluye que las series están cointegradas ya que los mismos son estacionarios.[4]

El vector de cointegración permite analizar la relación de largo plazo entre las variables pero a su vez es necesario analizar el corto plazo. La dinámica del corto plazo, está influenciada por las desviaciones del largo plazo y se estima a través del modelo de corrección de errores. En el modelo de corrección de errores los movimientos de las variables en cualquier período están relacionados con la brecha del período anterior del

[4] Ver anexo

equilibrio de largo plazo. De esta manera, el segundo paso del método de Engle y Granger estima el modelo de corrección de errores. En esta ecuación los residuos de la ecuación de equilibrio (1.1) son utilizados como instrumento para estimar el MCE. De esta forma, la estimación del modelo de corrección de errores funciona como un vínculo entre las relaciones en equilibrio de largo plazo con la dinámica del desequilibrio del corto plazo.

En otras palabras, el MCE está fuertemente relacionado con el vector de cointegración ya que combina la relación de largo plazo entre las variables en niveles y la relación de corto plazo de las variables en diferencia. En el modelo se incorporan el término de corrección de errores que mide la velocidad de ajusta del modelo. El MCE, tiene la ventaja que si las variables del modelo son I(1) (y están cointegradas) las diferencias son estacionarias por ende no hay posibilidad de tener una correlación espuria.

Para comprender más claramente el MCE se propone:

$$\Delta Y_t = \Delta\beta_1 X_t - (1-\alpha)[Y_{t-1} - \varsigma_1 - \varsigma_2 X_{t-1}] + \mu_t$$

En la ecuación el término en corchetes es el error en desequilibrio del periodo pasado, en otras palabras, la desviación de y_{t-1} del valor de equilibrio de largo plazo. Estas desviaciones fueron obtenidas luego de estimar el vector de cointegración. El parámetro β_1 mide el impacto de corto plazo de los cambios de X en Y, ς_2 mide el impacto de largo plazo, $(1-\alpha)$ es la fracción del error del período previo de desequilibrio que es corregida este período. Se espera que el signo del coeficiente sea negativo y menor a uno. Por ejemplo, si Y_{t-1} se encontrase por encima del valor de largo plazo que fue predicho por $\varsigma_1 + \varsigma_2 X_{t-1}$, el error de desequilibrio es positivo. Por eso, Y_t de este período cae (ΔY_t es negativo) para mover a Y al valor del equilibrio de largo plazo.

Con más regresores independientes el modelo mantiene la misma interpretación. Para el caso particular de la soja sería:

$\Delta ASSoja_t = \varsigma_1 \Delta Sem_t + \varsigma_2 \Delta CSoja_+ + \varsigma_3 \Delta PSoja_t + (1-\alpha)\ [ASSoja_{t-1} - \alpha - \lambda RSoja_{t-1} - \lambda PSoja_{t-1} - \lambda CSoja_{t-1} - \lambda\ Sem_{t-1} - \lambda Trend] + \varepsilon_t$ (1.2)

ε_t : error del modelo

En este modelo solamente se han incorporado las variables significativas del modelo (1.1). Se ha hecho esto ya que al tomar diferencias se ve reducida la cantidad de observaciones. Paralelamente al ser la muestra tan pequeña (sólo 33 observaciones) si se toma diferencia y además se incluyen todas las variables, los estadísticos pierden potencia. Esta ecuación se estima directamente por OLS. Asimismo, al ser las variables de este modelo I(0), dado que hay cointegración, los parámetros estimados tienen distribución normal, por ende la inferencia estadística se puede hacer como siempre.

Para ver si el modelo es adecuado los residuos del modelo de corrección de errores deben ser ruido blanco. En el caso que el modelo presentara correlación serial en los residuos lo adecuado seria agregar rezagos de las variables. En el caso de la soja al analizar los residuos de modelo de corrección de errores se observa que estos son ruido blanco.

Los resultados obtenidos se descomponen en resultados de largo plazo y resultados de corto plazo.

Largo Plazo:

El objetivo de este trabajo de licenciatura es evaluar la manera en la que impacta la semilla transgénica de soja en el área sembrada de soja. Este efecto se ve reflejado en la variable β_3 que nos indica la diferencia en área sembrada que depende exclusivamente de la existencia de la semilla genéticamente modificada. Es decir, cuanta más área es sembrada sólo por existir la semilla transgénica, manteniendo el resto de las variables constantes. Se espera que el signo para este coeficiente sea positivo implicando que la comercialización de la semilla impacta positivamente sobre la superficie sembrada. Es importante recordar que la interpretación que se le de a β_3 tendrá solamente importancia para el modelo en el equilibrio estacionario.

Asimismo, se espera que los coeficientes de los rendimientos y precio sean positivos en el largo plazo ya que una suba en los precios como en los rindes son incentivos positivos para plantar más área de soja. Por otra parte, los costos, afectan de manera negativa el área sembrada ya que cuando los costos suben el margen bruto obtenido por el productor disminuye, desalentando la siembra de ese cultivo.

Corto plazo:

En el caso del análisis del corto plazo se espera, que cambios en el precio afecten positivamente el área sembrada porque una diferencia positiva de los precios de la soja hace más atractivo el cultivo de la oleaginosa.

Por otra parte, cambio en los costos significa que aumentos en los costos de hoy con relación a los costos de ayer diminuyen el área sembrada.

Finalmente, la diferencia entre la variable binaria es una aproximación de cómo afectó el no tener la semilla RR a tenerla. En otras palabras, este coeficiente mide el impacto instantáneo que tuvo la semilla transgénica, muestra cuánta más área se sembró en el corto plazo con respecto al período anterior.

A partir de los resultados obtenidos en las regresiones y una vez hechos los test relevantes se puede identificar el impacto que tuvo la semilla genéticamente modificada en el área sembrada de esta oleaginosa. Los tests que se efectuará para ver si los resultados son apropiados son tests de correlación serial para el corto plazo ya que en el largo plazo no es necesario analizar la correlación serial (Hamilton, 1994) y el test de heterocedasticidad.

2.1.4 Test de Johansen

Por otra parte, una de las críticas que se le hace a la metodología de Engle y Granger, es que en el caso de estimar un modelo con más de dos variables, puede ser que exista más de un vector de cointegración que el método no este estimando. Una manera de saber si los resultados obtenidos son los correctos es utilizar el test de Johansen que permite estimar

más de un vector de cointegración. Éste se basa en un sistema VAR. Si se propone que el vector X_t contiene N variables que se intenta medir si están cointegradas.

$$X_t = A_1X_{t-1} + A_2X_{t-2} + \ldots + A_3X_{t-3} + \varepsilon_t$$

Donde cada uno de los A_i es una matriz NxN de parámetros y ε_t es un vector Nx1 cuyos elementos son iid.

El sistema de ecuaciones VAR escrito en forma de corrección de errores es:

$$\Delta X_t = \sum_{i=1}^{k-1} \Pi_i \Delta X_{t-i} + \Pi X_{t-k} + \varepsilon_t$$

$$\Pi = -(I - \sum_{i=1}^{k} A_i)$$

$$\Pi_i = -(I - \sum_{i=1}^{j} A_j)$$

I es la matriz identidad de orden NxN.

El rango π es igual al número de vectores de cointegración independientes. Sí el rango de Π es cero, no existe ningún vector de cointegración, si el rango de Π es igual a k, las variables son estacionarias y si el rango esta entre 1 y k existen múltiples vectores de cointegración. Existen dos test asintóticamente equivalentes para determinar el rango de Π, el test de la traza y el test del máximo autovector. Ambos se basan en las raíces características de Π, cuyas estimaciones conocen como autovectors. Si las variables no están cointegradas el rango será cero y por lo tanto todas estas raíces características serán cero. Los estadísticos utilizados para ambos tests son los siguientes:

$$\lambda_{tmax}(r, r+1) = -T \ln(1-\delta_{r+1})$$

$$\lambda_{traza}(r) = -T \sum_{i=r+1}^{n} \ln(1-\delta_i)$$

Donde

δ_i: los valores estimados de las raíces características obtenidos de la estación de la matriz Π.

T: es el número de observaciones en uso

En el test del máximo autovector, se vale del primer estadístico, la hipótesis nula es que el número de vectores de cointegración es igual a r frente a la alternativa que hay r+1 vectores de cointegración independientes. Por otra parte, en el test de la traza, que utiliza el segundo estadístico, la hipótesis nula es que el rango de la matriz Π es menor o igual que r frente a la hipótesis alternativa de que la matriz posee rango completo. Los valores críticos de ambos tests son provistos por Johansen y Juselius (1990).

Las restricciones sobre el vector de cointegración se testean definiendo previamente las matrices α y β, ambas de dimensión (Nxr) donde r es el rango de Π , de forma tan que $\Pi = \alpha\beta'$. El vector de cointegración estará obtenido en β y en los parámetros α la velocidad de ajuste. La metodología de Johansen permite hacer test de hipótesis sobre los coeficientes α y β utilizando el likelihood ratio test.

El vector α contiene información a cerca de exogeneidad débil. Cuando los α son distintos de cero, habrá causalidad en ambas direcciones y las variables pueden modelarse como un sistema. Sin embargo, si uno de los elementos es cero, no habrá una relación de causalidad de largo plazo hacia esta variable en el sistema y por lo tanto esa variable será débilmente exógena al sistema.

2.2 Datos

La falla más importante con la que cuenta el presente modelo es el número reducido de observaciones. Los modelos de series temporales tienden a ser modelos con menos datos que los de panel y corte transversal. En este caso particular, se debe considerar que la soja recién aparece en la Argentina en la década del setenta con lo que la muestra se ve aún más limitada.

Las pocas observaciones traen aparejadas problemas estadísticos como econométricos dado que existe un trade-off entre el mayor número de variables explicativas y el poder de los tests.

Los datos de área sembrada, rendimiento y costos son por campaña, es decir el período que equivale al año de siembra y cosecha. Se obtuvieron de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación. El área sembrada se encuentra expresada en hectáreas, los rendimientos están expresados en Kg. por hectárea y los costos en dólares por hectárea. Los costos incluyen los costos de labores, estructurales, impuestos, agroquímicos, cosecha, semillas, etc. Los precios son los precios pizarra o Dársena, es decir los precios netos que obtiene el productor por quintal. Se han convertido a pesos de 1991 ya que se encontraban en las distintas monedas argentinas. Todas las series abarcan el período desde 1970 hasta 2003.

La variable binaria “semilla” vale uno cuando la misma estaba en venta a nivel comercial y cero si no. La variable cambia para la campaña 1997/98 que fue la primera vez en la cual se registró el uso de la soja resistente a glifosato.

Cabe agregar, que las variables explicativas utilizadas son exógenas al área sembrada. En otras palabras, no existe sesgo de simultaneidad ya que la relación causal tiene sentido único. A continuación se explica cada caso.

El primer caso a analizar es el precio, en este caso no existe simultaneidad ya que si bien, el precio determina la cantidad de soja sembrada; la cantidad de soja sembrada no determina el precio del commodity. Esto se debe a que la Argentina no es creadora de precios sino tomadora de los mismos. Por ende, el área sembrada en Argentina no influye sobre el precio internacional.

El rendimiento mide las cantidades físicas obtenidas por hectárea. Si bien un aumento en el rinde hace más atractiva a la siembra de soja y puede hacer que se siembre más, nunca sembrando más área se obtendrá un rinde mayor ya que el rinde depende no de la cantidad de área sembrada sino de otros factores como situaciones climáticas, disponibilidad hídrica, fertilidad del suelo, etc.

Finalmente, no hay simultaneidad entre la variable dependiente y los costos ya que el área sembrada no influye sobre los costos ya que se están tomando los costos medios en el largo plazo donde las economías de escala no juegan. Es decir, son los costos promedio de siembras de un tamaño grande.

La importancia de que las variables sean exógenas no sólo implica que las estimaciones de los parámetros mediante una ecuación única no estarán sesgadas sino también que no afecta en otro sentido. En el caso de que exista cointegración de las variables, el modelo de corrección de errores se podrá estimar mediante el uso de una sola ecuación que es particularmente importante debido a la escasez de observaciones.

Sección 3

3.1 Resultados

A partir de las ventajas anteriormente mencionadas de la soja RR fue posible modelizar el comportamiento del área sembrada mediante la incorporación de variables relevantes. Al analizar los resultados se consideran los resultados estáticos de largo plazo como también la dinámica del corto plazo.

Largo plazo:

El resultado más importante que brinda la estimación de largo plazo es que el parámetro de interés resultó significativo y con el signo esperado. Esta evidencia muestra que en el largo plazo la semilla transgénica tiene un impacto significativo sobre el aumento del área cultivada de ese grano.

Al analizar el parámetro de interés, "semilla", se logra aislar un "efecto transgénico" en el coeficiente de la variable Sem. Éste vale uno cuando la semilla se encuentra a la venta y cero si no, y muestra que frente a la introducción de la misma habrá un aumento de 2232402 hectáreas cultivadas de soja en el largo plazo. Es decir, solamente por existir la semilla, manteniendo el resto de las variables constantes, se cosecharan 2232402 Ha. más en el equilibrio de largo plazo.

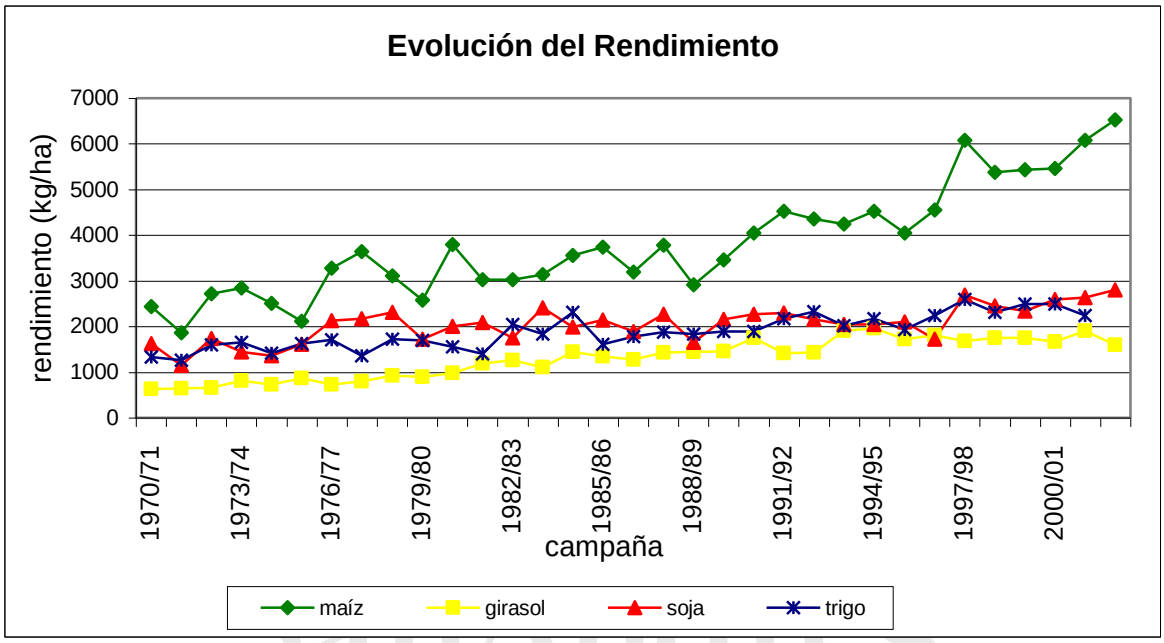
Por otro lado, al analizar los precios se observa que estos también son significativos con el signo apropiado. Esta variable muestran que la suba de $ 1 hace aumentar el área sembrada en 56617 Ha en el largo plazo.

Los costos, otra variable significativa del modelo, muestran el comportamiento adecuado. En otras palabras, una suba de 1 dólar en los costos implica que se sembraran 9437 Ha. menos en el largo plazo. Esto era de esperarse si se compara el modelo con la realidad ya que como se mencionó antes los costos en estos últimos tiempos han bajado no sólo por el

uso de la semilla sino por su combinación ideal con la siembra directa y paralelamente ha aumentado el área sembrada de soja.

Por último se debe señalar que el rendimiento no es significativo ni tiene el comportamiento deseado. La razón por la cual puede ser que no sea significativo es que al analizar su evolución no se percibe un cambio importante. (Ver grafico 4)

Grafico 4



Fuente: Datos de la SAGPyA y elaboración propia

Más aún, según la Secretaría de Agricultura el rinde aumentó en el quinquenio 1996/97-2000/01 un 10,6% a diferencia de la caída del rinde de un -2,1% en el quinquenio 1991/92-95/96. Si se considera el decenio 1991/92-2000/01 se observa un aumento del rinde de 1,3%. La variación en el mismo ha sido muy pequeña en estos últimos años y puede ser esta la razón por la cual este parámetro no resulta significativo.

Corto Plazo

Cuando se analiza la ecuación de corto plazo que mide el shock producido por esta nueva innovación tecnológica se observa que todas las variables incluidas son significativas con el

signo correcto exceptuando los costos que no lo son. El impacto de la soja RR sobre el área sembrada es de 801438 Ha. En otras palabras, se sembraron 801438 Ha. más sólo por la introducción en el mercado de esta oleaginosa.

Otra variable relevante en el modelo es la diferencia en el precio. Según el análisis empírico, frente a un cambio positivo de los precios (en otras palabras una suba de precios de hoy con relación a los precios de ayer), el aumento en el área sembrada es de 89433 Ha con respecto al año anterior. Este coeficiente mide el impacto de corto plazo que tiene el cambio de precios en el área sembrada.

Finalmente, el coeficiente que acompaña al error de largo plazo mide cuán lejos se encontraban el área sembrada de soja de equilibrio en relación a las otras variables explicativas estimadas en t-1 (ayer). El coeficiente al ser negativo y menor que uno implica que los desvíos, del pasado del nivel de equilibrio del área sembrada se verán corregidos por este mecanismo de ajuste. En este caso, se observa que en el período t se ajusta un 69% de lo que se encontraba en desequilibrio en el período t-1.

Por otra parte, los cambios en los costos no son significativos en el corto plazo. Esto puede ser porque el agricultor se fija en el margen bruto y no en los costos para el corto plazo. Es decir, puede ser que aunque la diferencia en los costos este subiendo también este subiendo la brecha de precios manteniendo el margen de ganancia que a fin de cuenta es lo relevante para el productor agrícola.

QUAERERE VERUM
Universidad de
San Andrés

Ecuación estática de largo plazo

$$0 = ASSoja - 1836901 + 85.63258*Rsoja - 56617.07*Psoja +$$
$$(1231305) \quad (358) \quad (21665)^{**}$$
$$9437.661*Csoja - 2232402*Sem - 205001.6*Trend$$
$$(4311.477^{**} \quad (464947)^{***} \quad (29555)^{***}$$

(Desvíos estándar entre paréntesis)

*(***) Denota rechazo de la hipótesis nula al 10% (1%)

Relación de corto plazo

Variable dependiente	ASSoja
Dif(Sem)	801438
	(458494)*
Dif (Csoja)	-5505
	(3362)
Dif (Psoja)	89433
	(21386)***
ECM_1	-0.6937
	(0.1869)***
Numero de Observaciones	32

(Desvíos estándar entre paréntesis)

*(***) Denota rechazo de la hipótesis nula al 10% (1%)

Paralelamente, se estimaron otras regresiones dónde se agregaron diferentes controles para ver si los resultados eran robustos[5]. En un principio se agregó a la ecuación original el margen bruto de la soja como nuevo control.

[5] En el apartado se encuentran los resultados de las regresiones.

El largo plazo mostró que frente a la incorporación de esta variable, el efecto transgénico siguió siendo relevante. Esta variable no altera los resultados obtenidos por medio del modelo original (1.1). Por otro lado, el margen bruto no resultó significativo, esto puede ser debido a que el precio, los costos y el rendimiento absorbieron el efecto del margen. Esto sucede ya que el margen bruto está compuesto por todas estas variables. (Es el rendimiento por los precios menos los costos).

En el corto plazo, los resultados obtenidos muestran que la semilla RR es significativa. En otros términos, el efecto instantáneo de pasar de no tener la semilla a tenerla es relevante. En cuanto a los otros controles, se observa que la diferencia en los precios sigue siendo significativa y además la diferencia en los costos resulta ser significativa (antes no lo era). El margen bruto no es significativo tampoco en el corto plazo ya que, nuevamente, los costos y el precio pueden estar absorbiendo la importancia del margen bruto. El término de ajuste del modelo es significativo y menor a uno.

En otras regresiones se agregaron los márgenes brutos de los principales granos que compiten con la soja, tal es el caso de margen bruto del maíz, girasol y trigo. La selección de dichos granos se basó no sólo en que estos son los principales cultivos de la Argentina sino también en base al período de siembra. El maíz y el girasol son productos de la misma estación que la soja, son cultivos de verano. Por otra parte, el trigo que si bien es un cultivo de invierno, permite en ocasiones acelerar su cosecha para sembrar soja, y de esta manera cosechar el doble cultivo, trigo-soja. Cuando se acelera el cultivo de trigo, el ingreso bruto del trigo disminuye ya que se laborea en menor medida el cultivo pero se espera ganar más mediante la dupla, trigo-soja. Es decir, el costo de oportunidad de hacer el doble cultivo es mayor que labrando solamente trigo.

Para el caso del maíz no se puedo inferir ningún resultado ya que al agregar esta variable la relación es espuria.

Un resultado diferente se obtuvo cuando se agregó el control margen bruto del girasol. En el largo plazo, se observa que la variable margen bruto del girasol no es significativa

mientras que los precios y los costos lo siguen siendo. La variable de interés, semilla, también en este caso es significativa al 1%.

Finalmente, si se agrega el margen bruto del trigo, solamente la semilla es relevante en el largo plazo. Esta regresión es estacionaria al 10%. Asimismo, en el corto plazo el shock instantáneo de la soja RR, sigue siendo significativo. En cuanto al precio y a los costos, en el corto plazo se observa que estos son significativos.

Paralelamente, al comparar los coeficientes de las regresiones adicionales con la regresión original para el largo plazo se observa una similitud en el coeficiente de costos y precios. Por otra parte, el efecto semilla es mayor en el modelo original que en los modelos adicionales si bien hay una convergencia en los resultados.

Para el caso de corto plazo, los coeficientes se mantienen en el mismo rango para todas las regresiones pero las estimaciones del modelo orinal son menores en todas las variables que para el caso de las regresiones adicionales. Esto es más evidente con relación a la velocidad de ajuste que en el modelo original es de 68% mientras que en todas las otras regresiones es cercana a una y en un caso excede la unidad.

No obstante las pequeñas diferencias de los coeficientes, una conclusión que se puede derivar de las regresiones adicionales que las variables verdaderamente significativas en la determinación del área sembrada son los precios y los costos y la semilla transgénica.

En síntesis, los resultados que se obtienen muestran que la semilla transgénica ha impactado de manera significativa sobre el área sembrada independientemente de los controles que se agreguen. Este resultado es interesante por cuanto era de esperarse que la importancia de la mejora tecnológica radicase sólo en la disminución de costos que produce, pero los resultados empíricos no muestran tales conclusiones. El análisis permite inferir que la semilla RR, trae aparejada no sólo mejoras económicas, sino también otros tipos de ventajas. Los beneficios económicos son captados al incluir en el modelo la variable de costos y precios, dejando en la variable “semilla” el efecto propio de la

innovación biotecnológica, que no esta relacionado con los anteriores. Los resultados de este estudio indican que el agricultor atribuye a la semilla GM el mérito de contribuir a la conservación del suelo. Como se mencionó en la sección 2, la resistencia al glifosato propia de la soja RR permite el uso de este herbicida que deja menor residualidad y baja toxicidad. Asimismo, también el uso de esta semilla disminuye el número de laboreos, que preserva la calidad de la tierra. La sustentabilidad de la agricultura se ha tornado en un problema importante para la Argentina dado que en estas últimas décadas, se ha visto un desplazamiento hacia la agricultura en detrimento de la ganadería debido a que la primera ha mostrado mayor rentabilidad frente a la segunda. Es por esta razón que para mantener la actividad más rentable la conservación de los suelos es un elemento clave. De esta manera el agricultor en su elección intertemporal observa un beneficio en el uso de la soja RR ya que permite una mayor sustentabilidad.

QUAERERE VERUM
Universidad de
SanAndrés

QUAERERE VERUM
Universidad de
SanAndrés

Un único vector de cointegración

Al aplicar el test de Johansen este último llega también a la conclusión que hay un único vector de cointegración haciendo más fuerte a los resultados obtenidos por el método de Engle y Granger.

A continuación se presenta la tabla con los resultados de dicho test:

Ho: rango = p	Autovector	Estadístico de la traza	Valor crítico para traza(95%)
P=0	0.84765263	87.804669	75.328
P< =1	0.450892	27.593725	53.347
P<=2	0.15125734	8.4110003	35.068
P<=3	0.09295547	3.1630244	20.168
P<=4	0.00127996	0.04098511	9.094

Ho: rango = p	Autovector	Estadístico del máximo Autovector	Valor crítico para max (95%)
P=0	0.84765263	60.210944	34.167
P=1	0.450892	19.182725	28.167
P=2	0.15125734	5.2479759	21.894
P=3	0.09295547	3.1220393	15.752
P=4	0.00127996	0.04098511	9.094

QUAERERE VERUM
Universidad de
San Andrés

3.2 Conclusiones

El área sembrada de soja ha estado en constante crecimiento desde que el grano fue introducido a la agricultura argentina. Sin embargo, se observa un punto inflexión en la producción de dicho cultivo en la Argentina en los noventa[6]. Luego de la inserción de la semilla (GM) al mercado, se ve un desplazamiento hacia la soja en detrimento de las actividades ganaderas y agrícolas de menor rentabilidad.[7] Asimismo, la incorporación que tuvo la soja RR no tiene precedente alguno. Luego de seis años de existir se observa que el 95% del área sembrada de soja utiliza al organismo genéticamente modificado.

El presente trabajo trató de medir el impacto del cambio biotecnológico producido en la soja y ver si esta innovación fue una de las variables que causaron el aumento del área sembrada. Las conclusiones econométricas favorecen la hipótesis planteada ya que se observa que la variable binaria semilla es significativa tanto en el largo plazo como en el corto plazo. El "efecto transgénico" medido por medio de a variable binaria semilla muestra que en el largo plazo el área sembrada de soja aumentará en 2232402 Ha. sólo por existir esta modificación genética, manteniendo el resto de las variables constantes. En el corto plazo se observa que el impacto es de 801438 Ha. con un nivel de significatividad del 10%.

Comparando los resultados con la realidad se observa una convergencia al resultado de largo plazo. La soja ha manifestado un crecimiento superior en el segundo quinquenio de la década del noventa (1997/98-2000/01) en lo que respeta a la superficie cultivada. Según la SAGPyA, durante el ciclo 2001/02, la soja paso a representar el 42.7% de la superficie y el 44,4% del volumen de granos producidos a nivel nacional. Asimismo, si se comprara a la soja con las restantes oleaginosas, los resultados son aún más categóricos ya que en la campaña 1991/92 la soja representaba el 59,9% de dicha área y el 73,7% de la producción mientras que para la campaña 2002/03 fue el 83,2% y 88%. Estas estadísticas no sólo muestran el crecimiento vertiginoso de la soja sino la retracción de la superficie de otros

[6] Ver Gráfico 5 en el Anexo

[7] Ver Tabla 5 en el Anexo

cultivos. La semilla transgénica conjuntamente con los beneficios que otorga ha tenido dos impactos: la sustitución de soja por otra actividad y la ampliación de la frontera agrícola.[8]

Por otra parte, se debe concluir la importancia de los precios como variable significativa de corto plazo a diferencia de los costos. Así también se debe mencionar la importancia de ambas variables en el largo plazo, como era de esperar. Estos resultados avalan la realidad ya que en estos últimos tiempos se ha visto una suba en el precio de la oleaginosa y una reducción de costos que fue mencionada con anterioridad.

En conclusión, la semilla transgénica no sólo tuvo beneficios económicos sino también ambientales. La incorporación genética que da inmunidad a la soja frente al glifosato ha facilitado la labor del agricultor en el uso de maquinaria y labranza, ha disminuido el uso de pesticidas y herbicidas ya que estos son sustituidos por el glifosato, y conjuntamente a la siembra directa utiliza eficazmente el recurso agua. Asimismo, deja baja residualidad en el suelo mejorando la sustentabilidad de la agricultura, y baja los costos no sólo de herbicidas sino también de maquinaria mejorando paralelamente el medio ambiente. Paralelamente, no se debe olvidar que en estos últimos años donde la escasez de capital y su alto costo fueron factores significativos para la economía argentina, la semilla GM, logró una ventaja para la soja con relación a los otros cultivos dada su reducción en los gastos de implantación y protección.

Es por todas estas razones que esta innovación genética de gran debate en el mundo ha sido una mejora para la agricultura y ha sido una de las causas del incremento en el cultivo del grano.

[8] Ver Tabla 5 en anexo

Anexo

Universidad de
SanAndrés

Regionalización

La Argentina se encuentra subdividida en distintas regiones, delimitadas por sus características agrícolas. La información obtenida de Regúnaga, (2003) permite hacer un breve resumen de las diferentes regiones.

Región 1: Norte de Buenos Aires- Sur de Santa Fe. Se la considera la zona núcleo maicera. En los últimos tiempos el doble cultivo trigo-soja ha tenido amplia difusión. También se a contraído la ganadería.

Región 2: Oeste de Buenos Aires. La zona típica de invernada, pero en años recientes los cultivos agrícolas registraron una gran expansión en detrimento de la ganadería. En un primer momento se cultivó el girasol pero más recientemente se masificó el crecimiento de la soja de primera.

Región 3: Sudeste de Buenos Aires. La región triguera tradicional Esta región tiene limitaciones climáticas para los cultivos de verano. Es por esto que el impacto de la soja RR ha sido menor en esta región

Región 4: Córdoba. Región predominantemente ganadera. El aumento del régimen hídrico que fue permitido por la dupla soja RR-SD ha desarrollado condiciones de mejor rentabilidad relativa de la agricultura frente a la ganadería. Se registra un notable crecimiento de la superficie cultivada con soja y maíz. Esta zona es la de mayor crecimiento absoluto de soja.

Región 5: Santiago del Estero, Norte de Santa Fe y Norte de Córdoba. El algodón fue el principal sustento de la economía regional pero frente a la caída de su rentabilidad relativa se produjo una sustitución hacia cultivos de menores costos unitarios y de mayor retorno, tales como la soja y el girasol. Esta zona registró además una sensible expansión de la frontera agrícola, a partir del desmonte y del reemplazo del pastizal natural por cultivos agrícolas (en particular la soja).

QUAERERE VERUM
Universidad de
San Andrés

Región 6: NOA. En Salta y Tucumán se registró un importante aumento de la frontera agrícola a partir del desmonte. El cultivo de soja transgénica y el de trigo lideraron la expansión de la agricultura.

Región 7: Santa Fe. Esta provincia registró las tasas de crecimiento de superficie sembrada con soja más altas del país en el último quinquenio, principalmente en detrimento de la actividad ganadera y del cultivo de arroz (que en años anteriores era el cultivo más importante de la región).

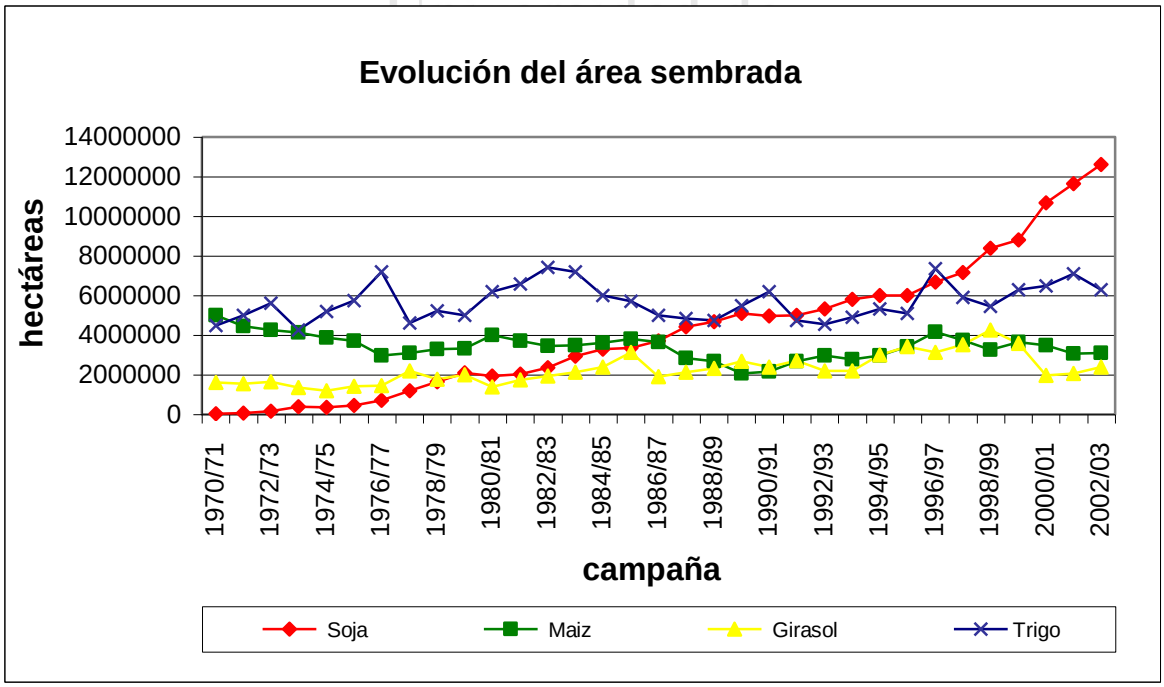
Tests de Raíz Unitaria

Tabla 5

Augmented Dickey Fuller para los residuos, utilizando los valores críticos de Ingle & Yoo.

ADF Test Statistic	1% critical value
-5.06	-3.73

Gráfico 5



Fuente: datos de la SGAPyA y elaboración propia

Tabla 5. La tabla a continuación detalla en cambio en los planteos productivos en las diferentes regiones del país en el periodo 1995/96-2001/02.

Región	Año	Superficie porcentual destinada a cada actividad										
		Soja 1°	Soja	Trigo	Maíz	Girasol	Lino	Arroz	Algodón	Cría	Invernada	Tota
1	1995	22	22	22	28	0	0	0	0	0	33	127
	2001	34	33	33	33	0	0	0	0	0	0	133
2	1995	0	0	12	14	21	0	0	0	0	65	112
	2001	17	17	17	21	24	0	0	0	0	30	126
3	1995	2	0	35	8	25	0	0	0	0	45	115
	2001	8	0	49	7	31	0	0	0	0	20	116
4	1995	26	28	28	14	0	0	0	0	0	30	126
	2001	51	32	32	18	0	0	0	0	0	0	132
5	1995	15	0	0	0	15	0	0	50	0	20	100
	2001	40	0	10	0	15	0	0	20	0	15	100
6	1995	50	0	5	28	0	0	0	17	0	0	100
	2001	71	0	20	9	0	0	0	1	0	0	100
7	1995	1	0	2	4	2	3	2	0	60	26	99
	2001	9	6	5	5	1	0	1	0	52	22	101

Fuente: Regúnaga, Fernandez, Opacak, 2003 en base a datos de Agromercado, INTA y SAGPyA

Notas: Los planteos productivos se definen a partir de los porcentajes de la superficie útil del establecimiento destinados a cada actividad. Los totales superan el 100 por ciento en algunas regiones, por el cómputo de los cultivos de segunda.

El valor de los α que se obtienen luego de realizar el test de Johansen son:

Assoja	0.18259742
Rsoja	0.00003539
Psoja	-0.00000094
Csoja	0.00000013
Sem	-0.000000015

Regresión Adicional con:	ADF estadístico	Valor Crítico
Margen Bruto Soja	-3.59	-3.37 (5%)
Margen Bruto Girasol	-3.31	-3.14 (5%)
Margen Bruto Trigo	-2.94	-2.91 (10%)

Son estacionarias.

QUAERERE VERUM
Universidad de
SanAndrés

Bibliografía:

1.AACREA. Área de Economía.

2.Ablin, E y S Paz (2003), El mercado mundial de soja, la República argentina y los organismos genéticamente modificados. Mimeo: Buenos Aires, 2003.

3.Begenesic, Flory (2002), "El Quinquenio de la Soja Transgénica" Proyecto de la SAGPyA

4.Bocchicchio, A, J. Souza y D. Lecho (2002), "Organismos genéticamente modificados en Argentina. Estrategias de los actores en el proceso de difusión"* Proyecto Integrado UBACyT IG09, VI Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología Rural, Porto Alegre, Brasil.

5.CONABIA. Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria en sitio http://www.sagpya.mecon.gov.ar/.

6.Enders, Walter (1995), "Applied Econometric Time Series", John Wiley & Sons Inc, USA.

7.Entrevista al Ex Secretario de Agricultura, Ingeniero Marcelo Regúnaga. (2004)

8.Hargreaves (1994): Non-stationary Time Series Analysis and Co integration, (ed). Oxford University Press.

9. INDEC. Varios Anuarios Estadísticos de la República Argentina, Buenos Aires.

10.Lema, D. (1999): "El crecimiento de la agricultura argentina: Un análisis de productividad y ventajas comparativas" presentado en las 1as. Jornadas Interdisciplinarias de estudios agrarios y agroindustriales. Facultad de Ciencias Económicas (UBA) Noviembre de 1999.

11.Márgenes agropecuarios (1987-2003), Enero-Diciembre, Buenos Aires.

12.Penna, J and D, Lemma (2001),"Adoption of herbicide resistant soybeans in Argentina: an economic analysis" *INTA, Institute of Economics and Sociology, Buenos Aires.*

13.Regúnaga, Marcelo, Sandra Fernández, Germán Opacak. (2003) "Los cultivos genéticamente modificados en la agricultura argentina". Documento del programa de Agronegocios, Facultad de Agronomía, UBA.

Universidad de SanAndrés

14.SAGPyA. Series históricas de superficie sembrada y producción de granos (2002). Website de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y alimentación de la República Argentina (http://www.sagpya.mecon.gov.ar/00/index/agricultura/ index_agricultura.htm).

15. Raimundo Soto (1998), El tipo de cambio real de equilibrio: un modelo no lineal de series de tiempo. Georgetown University Press.

QUAERERE VERUM
Universidad de
SanAndrés