



Facultad de Ciencias Económicas y de Administración
Universidad de la República

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y DE ADMINISTRACIÓN

**TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO
EN ECONOMÍA**

**LOS DETERMINANTES DEL PRECIO DE LA TIERRA EN
URUGUAY: UN ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA AGRÍCOLA**

DIEGO FELIPEZ

JUAN FRANCISCO REYES

Tutor: Ec. ALFONSO CAPURRO

Montevideo, Uruguay

Abril 2012

PÁGINA DE APROBACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y ADMINISTRACION

El tribunal docente integrado por los abajo firmantes aprueba la
Monografía: Título

.....
.....

Autor/es

.....
.....

Tutor

.....

Carrera

.....

Cátedra

.....

Puntaje

.....

Tribunal

Profesor..... (nombre y firma).

Profesor..... (nombre y firma).

Profesor..... (nombre y firma).

FECHA.....

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, queremos agradecer a nuestro tutor Alfonso Capurro por asumir el compromiso que implica orientar una tesis. Su absoluta disposición y sus valiosos aportes resultaron fundamentales para la realización del proyecto.

Agradecemos también al equipo de la Dirección de Estadísticas Agropecuarias por sus comentarios, a Mayid Sader por brindarnos los datos necesarios para el desarrollo de la investigación, al equipo docente del curso de Métodos Cuantitativos Avanzados, a María José Graña por sus valiosos comentarios y a Rodrigo Herrera que estuvo presente hasta último momento.

Por último agradecemos a nuestras familias, y amigos por su constante apoyo durante el arduo proceso de realización del trabajo.

Los errores y omisiones que persistan en la presente investigación son responsabilidad exclusiva de los autores.

RESUMEN

El presente trabajo busca analizar y comprender los determinantes del precio de la tierra de uso agropecuario en Uruguay, en particular el efecto que ha tenido la agricultura en los últimos años. Para ello se modela la evolución del precio de la tierra para el periodo 1974-2010 en función de las productividades valoradas del sector agropecuario, a través de un modelo de corrección de errores (VECM). Complementariamente, se realiza un análisis para medir la evolución de la incidencia de la agricultura en el periodo 2003-2010. Se estimaron las elasticidades de largo plazo del precio de la tierra frente a la productividad valorada del sector pecuario y de la agricultura, encontrándose una mayor importancia del sector pecuario, lo que se corresponde con la mayor importancia histórica del sector en cuanto a la utilización de tierras. Sin embargo, a partir del análisis de la evolución de la incidencia de ambos sectores sobre el precio de la tierra, se concluye que la agricultura aumentó su importancia en la determinación del precio de la tierra en el periodo 2003-2010, lo que se encuentra en línea con la mayor expansión del sector en cuanto a la producción y superficie de tierra utilizada.

Palabras clave: precio de la tierra, sector pecuario, agricultura, VECM.

JEL: O13, Q11, Q15,

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| PÁGINA DE APROBACIÓN..... | ii |
| AGRADECIMIENTOS..... | iii |
| RESUMEN..... | iv |
| 1 INTRODUCCIÓN | 2 |
| 2 EL PRECIO DE LA TIERRA Y EL SECTOR AGROPECUARIO | 5 |
| 2.1. Evolución del precio de la tierra | 5 |
| 2.2. Evolución del sector agropecuario | 8 |
| 3 MARCO TEÓRICO | 17 |
| 3.1 Características y determinantes del precio de la tierra..... | 17 |
| 3.2 Modelo analítico | 20 |
| 4 ANTECEDENTES..... | 26 |
| 4.1 Antecedentes internacionales | 26 |
| 4.2 Antecedentes nacionales | 29 |
| 5 METODOLOGÍA ECONÓMICA | 32 |
| 5.1 Análisis de cointegración..... | 32 |
| 5.2 Orden de integración de las series | 35 |
| 5.3 Metodología VECM | 36 |
| 6 DESCRIPCIÓN DE LAS SERIES | 39 |
| 6.1 Estrategia empírica | 39 |
| 6.2 Productividad agrícola valorada | 43 |
| 6.3 Productividad pecuaria valorada | 47 |
| 6.4 Precio de la tierra | 49 |
| 7 RESULTADOS | 51 |
| 7.1. Análisis del orden de integración de las series..... | 51 |
| 7.2. Test de Cointegración | 53 |
| 7.3. Modelo VECM | 56 |
| 7.3.1. Modelo sin restringir | 57 |
| 7.3.2. Contrastes de exclusión y exogeneidad | 58 |
| 7.3.3. Modelo restringido..... | 60 |
| 7.3.3.1. Interpretación de los coeficientes de largo plazo | 61 |
| 7.3.3.2. Interpretación del coeficiente de ajuste..... | 62 |
| 7.3.3.3. Desvío del equilibrio..... | 63 |
| 7.4. Análisis de evolución de la incidencia de la agricultura | 66 |
| 7.5. Comparación de resultados con antecedentes nacionales..... | 69 |
| 8 CONCLUSIONES | 72 |
| BIBLIOGRAFÍA | 76 |
| ANEXO A..... | 78 |
| Ponderadores de la productividad agrícola en base al área sembrada | 78 |
| Gráficos adicionales | 79 |
| ANEXO B..... | 80 |
| Desestacionalización del peso medio bovino | 80 |
| ANEXO C..... | 81 |
| Estimación modelo VECM no restringido | 81 |
| Estimación modelo VECM restringido | 85 |
| Estimación modelo VECM inicial de análisis de incidencia | 89 |

1 INTRODUCCIÓN

La tierra en Uruguay ha tenido una fuerte valorización en los últimos años, registrando un crecimiento muy por encima de su promedio histórico. Este fenómeno ha sido generalizado en otros países de la región y no puede dissociarse de las tendencias globales en cuanto al importante aumento del precio de los *commodities*, derivado del fuerte aumento de la demanda, producto del crecimiento demográfico, aumento de los ingresos per cápita en muchas de las economías y su mayor utilización en la producción de biocombustibles. Por otro lado, la mayor escasez relativa del factor tierra, debido a los aumentos de las fronteras agrícolas y las regulaciones gubernamentales para su utilización, también ha presionado al alza su precio.

Si bien en la literatura no existe pleno consenso en cuanto a los principales factores que afectan la determinación del precio de la tierra y su magnitud relativa, es posible diferenciarlos en dos grupos dentro de los enfoques teóricos revisados. Por un lado se encuentran los factores inherentes al sector demandante de tierra para la producción de *commodities*, estos se relacionan directamente a los ingresos del sector y se asocian a precios, costos y productividad. Por otro lado se identifican los determinantes macroeconómicos que afectan las actividades productivas y el precio de los activos inmobiliarios como son la tasa de interés, la inflación y la disponibilidad de crédito.

La motivación principal de la presente investigación se corresponde con las causas de la referida valorización de la tierra en los últimos años y particularmente la incidencia de los cambios ocurridos dentro del sector agropecuario. En este sentido, el objetivo del presente trabajo es el estudio de los determinantes del precio de la tierra en Uruguay y en particular el rol que ha tenido la agricultura en la evolución del mismo, dados los cambios recientes en la estructura productiva, donde la agricultura aumentó su participación en la producción y ocupación de tierras frente al descenso del sector pecuario.

Considerando los objetivos del trabajo, se modela la evolución del precio de la tierra en dólares por hectárea para el periodo 1974-2010, a través de un modelo de corrección de errores (VECM), introduciendo como variables explicativas las productividades valoradas del sector pecuario y de la agricultura. Complementariamente, se realiza un análisis de la evolución de la incidencia de estos sectores para el periodo 2003-2010.

El trabajo se organiza de la siguiente manera: en el capítulo 2 se presenta un análisis de la evolución del sector agropecuario, de modo de analizar el desempeño de los sectores demandantes del factor tierra en el periodo de análisis. En el capítulo 3 se expone el marco teórico donde se presentan los principales determinantes del valor de la tierra y se

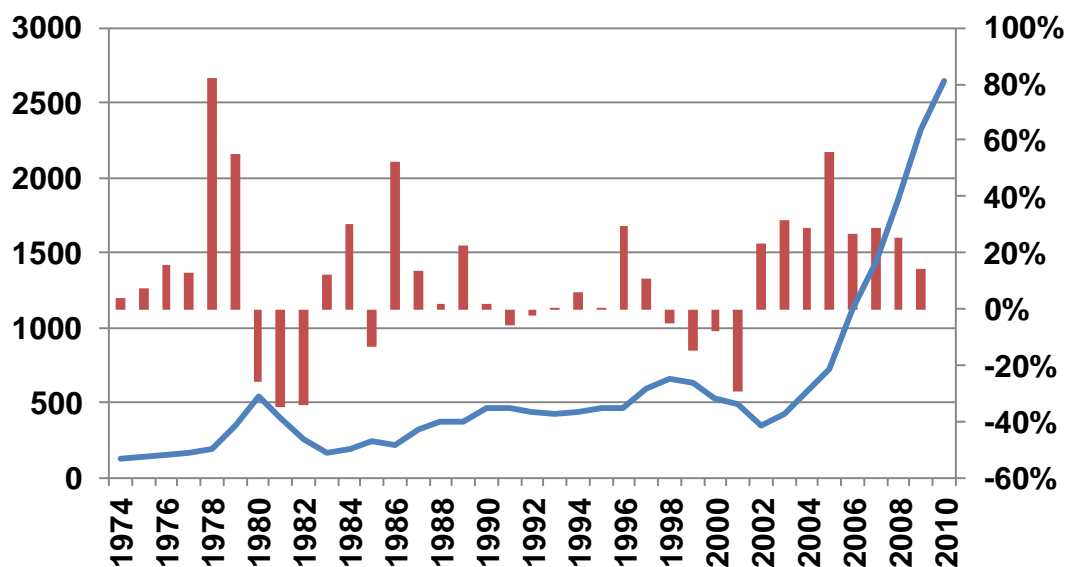
desarrolla un modelo analítico para comprender la interacción entre estos y su precio. En el capítulo 4 se reseñan los principales antecedentes relevados a nivel internacional y nacional. En el capítulo 5 se desarrolla la metodología econométrica aplicada, mientras que en el capítulo 6 se describen la estrategia empírica seguida y las variables utilizadas. En el capítulo 7 se presentan los resultados del modelo econométrico y el análisis de evolución de la incidencia del sector pecuario y la agricultura sobre el precio de la tierra. Por último, se presentan las conclusiones en el capítulo 8.

2 EL PRECIO DE LA TIERRA Y EL SECTOR AGROPECUARIO

2.1. Evolución del precio de la tierra

Durante el período analizado en el presente trabajo (1974-2010), el precio de la tierra en dólares corrientes ha evolucionado con una clara tendencia creciente, registrando un crecimiento medio anual de aproximadamente 12%. Esta evolución se da con variaciones importantes a lo largo del tiempo, observándose períodos de crecimiento bien diferenciados, destacándose particularmente el aumento en los últimos años del periodo, donde la tasa de crecimiento media entre 2003 y 2010 fue de 29%.

Gráfico 1 Precio de la tierra anual en USD corrientes (eje izq) y variación anual (eje der)



Fuente: elaboración propia en base a Instituto Nacional de Colonización (INC) y Dirección de Estadísticas Agropecuarias (DIEA)-Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP).

Un rasgo característico del precio es su alta volatilidad, registrando en el periodo analizado un desvío estándar de las variaciones anuales de 26%, que se evidencia en la presencia de periodos de fuerte aumento y otros de caídas pronunciadas.

Es posible distinguir tres subperíodos en la evolución del precio de la tierra. Entre los años 1974 y 1989, su evolución fue la más volátil, donde se registraron las mayores variaciones anuales, alcanzando incrementos de 82% y caídas de 35% en los años 1979 y 1982 respectivamente. Este fenómeno se puede atribuir al particular contexto macroeconómico, caracterizado por una fuerte apreciación del peso uruguayo, seguida de una fuerte devaluación, derivada del abandono del régimen cambiario (quiebre de la “tablita”). Algunos autores identifican en este periodo una burbuja inmobiliaria (Vasallo, 2011), donde el precio de la tierra evolucionó muy por encima de sus fundamentos.

Por otra parte, entre los años 1990 y 2002, la evolución fue relativamente estable, con un incremento medio anual prácticamente nulo, destacándose la fuerte caída sobre finales del periodo, debido a acontecimientos negativos que afectaron marcadamente la evolución del sector agropecuario, como se profundiza más adelante en el presente capítulo.

Por último, se destaca la evolución del precio en el periodo 2003-2010, donde en todos los años se registraron tasas de crecimiento positivas y muy por encima del promedio del período analizado. Esta fuerte valorización del precio de la tierra, junto al carácter sistemático sin precedentes de sus incrementos constituye el rasgo característico de este último período. En este sentido, al inicio del período se registra un precio promedio anual en dólares de la hectárea de 426, pasando en ocho años a tomar un valor de 2.652 dólares, lo que implicó un aumento de 523%.

Si bien no existe consenso en cuanto a la contribución relativa de los factores para explicar el fenómeno del aumento del precio de la tierra durante los últimos años bajo análisis, se destacan a continuación las principales causas encontradas en artículos e investigaciones sobre la temática a nivel nacional.

Por un lado el fuerte incremento en el precio de los *commodities* y cambios tecnológicos y de gestión en el agro, que condujeron a aumentos en la productividad, mejoraron la rentabilidad en algunos sectores demandantes de tierra. Adicionalmente, la incorporación de inversores extranjeros, que en algunos casos facilitaron la mejora en los modelos de gestión, presionó la demanda de tierras. Otro factor importante lo constituye el favorable contexto macroeconómico que enfrentó el país, con un fuerte crecimiento del producto interno bruto (PIB) y afluencia de

capitales. Por último, algunos autores señalan el hecho de que podría existir un componente especulativo entorno a la inversión en tierras.

La motivación del presente trabajo se corresponde con la mencionada valorización del precio de la tierra, buscando comprender y cuantificar el rol de alguno de los factores señalados, en especial la evolución de la productividad, los precios, así como los cambios ocurridos en la estructura productiva del sector agropecuario.

Para comprender cabalmente la evolución del precio de la tierra es necesario analizar los principales cambios ocurridos en los sectores demandantes del factor. En este sentido, se presenta en el apartado siguiente un breve análisis de la evolución del sector agropecuario, haciendo énfasis en la ganadería bovina de carne y la agricultura.

2.2. Evolución del sector agropecuario

La evolución del PIB agropecuario en pesos constantes muestra una tendencia creciente desde fines de la década del 80, aunque con periodos de nulo o negativo crecimiento.

En la primera mitad de la década del 90 el sector tuvo un desempeño claramente expansivo, registrando una tasa de crecimiento promedio

anual de 4,5% entre los años 1989 y 1996. El crecimiento observado en este periodo es liderado mayoritariamente por la ganadería y se explica por una serie de factores entre los que se destacan: la condición sanitaria del país (libre de aftosa sin vacunación) que permite el acceso a nuevos mercados, aumentos de la productividad (inversión en pasturas, intensificación de los sistemas de engorde) y políticas públicas tendientes a la liberalización de la actividad del sector.

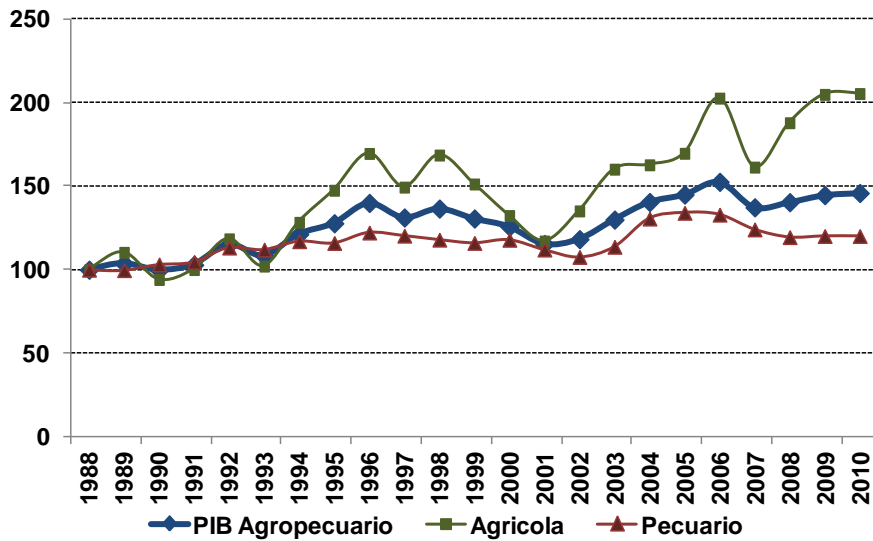
Posteriormente, a partir de 1997 y hasta el 2002 el sector se contrae, registrando una tasa promedio anual negativa de 2,7%. Durante esta fase se destacan algunos acontecimientos negativos que afectaron el desempeño del sector: inconvenientes climáticos (sequías y exceso de lluvias), problemas sanitarios (Fiebre Aftosa y Fusarium), dificultades comerciales (caída de precios internacionales y cierre de mercados) y problemas de rentabilidad (asociados al previo deterioro de la competitividad). Cabe recordar que durante este periodo tuvieron impactos negativos las sucesivas crisis que afectaron la economía mundial (crisis asiática 1997, crisis rusa 1998, devaluación del real y el peso argentino en 1999 y 2001 respectivamente) y que llevaron al país a un período de crisis económico-financiera que afectó a todos los sectores de actividad.

A partir del año 2003, el sector agropecuario comienza una fase de recuperación y crecimiento, con una tasa promedio anual de 2,8% para el periodo 2003-2010. Como se puede observar en el gráfico 2, se destaca la mayor incidencia de la agricultura, que es el subsector que impulsó el crecimiento en este último periodo. Diversos factores influyeron positivamente en la dinámica reciente. Tomando como base el texto publicado por la Facultad de Agronomía, Dinámica y Competencia Intrasectorial en el Agro Uruguay 2000-2010 (Vassallo *et al*, 2011), se detallan brevemente a continuación los factores mencionados.

Por un lado tuvo lugar un importante aumento en el precio de los *commodities*, donde se produjo un aumento significativo en el precio de los granos, entre los cuales se destaca la soja. Esta evolución se asocia al crecimiento de la demanda mundial de alimentos, impulsado por un fuerte y prolongado ciclo de crecimiento de la economía mundial y el desarrollo de los biocombustibles que generaron una presión adicional sobre la demanda de materias primas agrícolas. Otro factor, que algunos autores identifican como relevantes al explicar el aumento en el precio de los *commodities*, es la denominada “financiarización de los *commodities*” (Bastourre *et al*, 2008:15) que hace referencia a la especulación – inversión que realizan los inversores bursátiles con instrumentos vinculados a materias primas.

Por otro lado, también existen otros factores que en cierta manera pueden asociarse a los cambios que se produjeron en el agro uruguayo y que se asocian a la afluencia de capitales y nuevos productores extranjeros (particularmente argentinos). Estos dos hechos provocaron incrementos en las inversiones en el sector, las cuales facilitaron crecimientos sin precedentes en la productividad. Dentro de las inversiones que se concretaron en el sector se destacan: la aplicación de nuevas técnicas de labranza como la Siembra Directa, incorporación de semillas y fertilizantes que permiten incrementar los rendimientos de la producción e incorporación de maquinaria. Otro factor importante fue el abaratamiento del herbicida Glifosato por la caída de la patente, lo que permitió cultivar granos en tierras donde antes no era rentable por el alto costo del herbicida. Finalmente, se procesaron ciertos cambios en los modelos de gestión de los emprendimientos agropecuarios (impulsados en parte por los nuevos productores extranjeros que se incorporan a la actividad agropecuaria en Uruguay) que también contribuyeron a la mejora de la eficiencia.

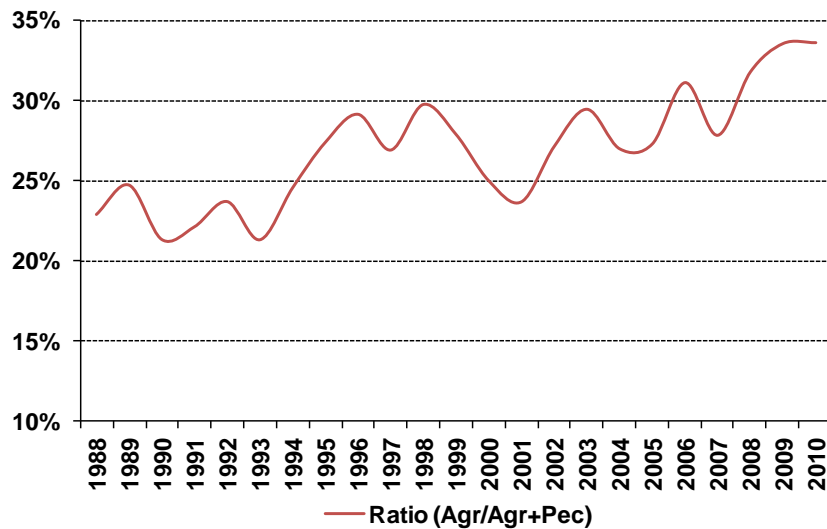
Gráfico 2 PIB sectoriales pesos constantes del 2005, base 1988=100



Fuente: elaboración propia en base a BCU.

Como se observa en el gráfico 3, donde se mide la importancia relativa del PIB de la agricultura respecto al total considerado (sector pecuario y la agricultura), este aumenta su participación llegando a alcanzar un 34% sobre el final de periodo 2003-2010.

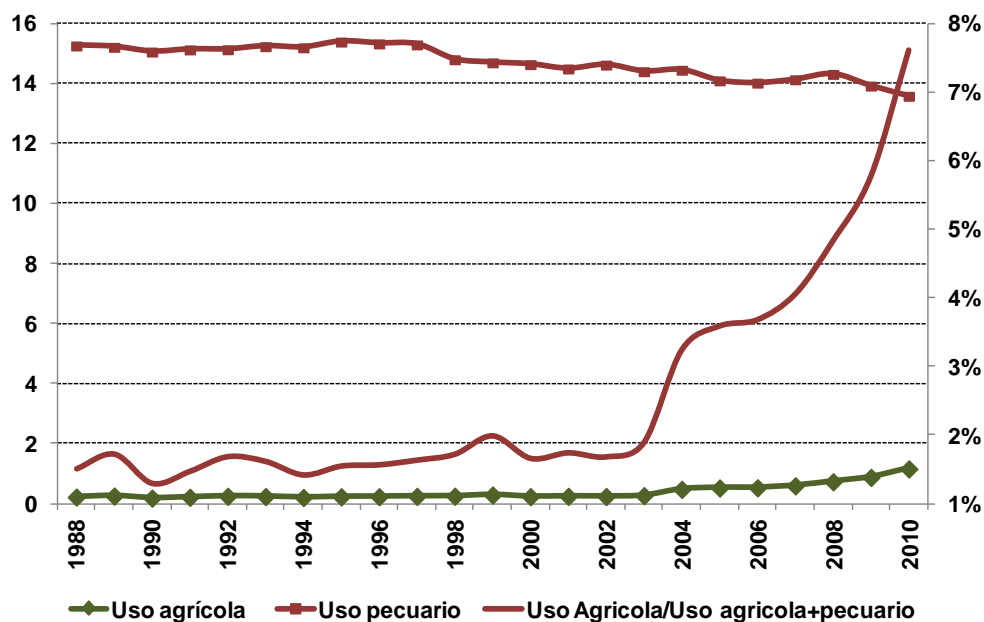
Gráfico 3 ratio PIB agricultura en relación al PIB pecuario y de la agricultura agregados



Fuente: elaboración propia en base a BCU.

A partir de la zafra 2002-2003, el sector comienza un período de rápido crecimiento, que también se evidencia en una expansión del área destinada a la agricultura y en una mejora en la productividad. En el periodo 2003-2010 la superficie sembrada pasa de ocupar 286 mil hectáreas a casi 1,2 millones¹. Dicha expansión provocó un desplazamiento de otros rubros, particularmente de la ganadería. Si se considera el total de tierras destinadas a la ganadería bovina y la agricultura, esta última pasa de representar un 1,6% en promedio durante la década del 90 a 7,6% en el año 2010 (gráfico 4).

Gráfico 4 Usos de la tierra. Uso pecuario y de la agricultura en millones de has (eje izq) y ratio uso agricultura en relación al total de ambos sectores (eje der)



(*) Uso agrícola incluye cultivos de verano (maíz, soja y sorgo) y arroz. Uso pecuario incluye solamente actividad bovina. Fuente: elaboración propia en base a DIEA

¹ Se consideran cultivos de verano (maíz, soja y sorgo) y arroz.

El crecimiento del área destinada a la agricultura estuvo acompañado de un incremento de los rendimientos en la mayoría de los cultivos, como se puede ver en el siguiente cuadro.

Cuadro 1-Área sembrada y rendimiento de algunos cultivos

| | Cebada Cervecera | | Maiz | | Soja | | Sorgo | | Trigo | | Arroz | |
|--------------------|------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| | Área Sembrada | Rend (kg ha) | Área Sembrada | Rend (kg ha) | Área Sembrada | Rend (kg ha) | Área Sembrada | Rend (kg ha) | Área Sembrada | Rend (kg ha) | Área Sembrada | Rend (kg ha) |
| Promedio 1990-2000 | 94.885 | 2.093 | 60.597 | 2.255 | 12.557 | 1.572 | 32.641 | 2.874 | 199.609 | 2.192 | 146.290 | 5.487 |
| Promedio 2001-2005 | 114.947 | 2.155 | 50.930 | 4.277 | 128.989 | 2.034 | 21.247 | 3.931 | 137.420 | 2.185 | 167.559 | 6.369 |
| Promedio 2006-2010 | 122.380 | 3.037 | 76.855 | 4.540 | 512.607 | 1.947 | 44.127 | 4.130 | 322.720 | 3.030 | 162.720 | 7.636 |

Fuente: elaboración propia en base a DIEA-MGAP

Respecto a la década del 90, el aumento de los rendimientos físicos en el quinquenio 2006-2010 de los cultivos considerados fue en promedio de 49%, entre los cuales el maíz registró el mayor crecimiento (101%) y la soja tuvo la evolución más modesta (24%). Además de la expansión de la agricultura, se produjeron cambios al interior de la actividad, cobrando importancia cultivos como la soja, que aumentó fuertemente el área sembrada en la última década, pasando de ocupar un promedio de 12 mil has durante los 90 a 512 mil has en el quinquenio 2006-2010 (en 2010 la soja fue el cultivo con mayor área sembrada, alcanzando las 848 mil has).

Por otra parte, como se mencionó anteriormente, otro de los factores determinantes del crecimiento en el sector agropecuario fue el fuerte aumento del precio de los *commodities*. En el periodo 2000-2010, el precio internacional en dólares de la soja y el trigo aumentaron en

promedio anual 9% y 10% respectivamente, mientras que el precio del novillo en dólares aumentó 4,7%.² Este aumento del crecimiento del precio relativo de los productos agrícolas en relación a los pecuarios constituye un hecho destacable del período, lo que se encuentra en línea con los cambios observados en la estructura productiva al interior del sector agropecuario.

Como resultado de las tendencias observadas en cuanto a la producción y precios, el sector agrícola aumentó su participación en el Valor Bruto de Producción agropecuario en dólares corrientes, pasando de representar 33% en 2001-2005 a 48% en 2005-2010, superando en valor al sector pecuario que históricamente ha sido el principal rubro de producción.

Cuadro 2-Valor Bruto de Producción promedio en dólares corrientes por subsector (%).

| | 1997-2000 | 2001-2005 | 2005-2010 |
|--------------|------------------|------------------|------------------|
| Agricultura | 32% | 33% | 48% |
| Pecuario | 60% | 59% | 46% |
| Silvicultura | 7% | 9% | 7% |
| Total | 100% | 100% | 100% |

Fuente: elaboración propia en base a DIEA-MGAP

El análisis presentado del sector, deja en evidencia que en la última década del período considerado ocurrieron cambios profundos en los determinantes de la rentabilidad del negocio y en la estructura productiva

² La fuente de precios utilizada para los precios de la cebada, trigo, sorgo, soja y maíz corresponde a la base compilada por el Banco Mundial. La fuente primaria del precio del novillo corresponde a DIEA e Instituto Nacional de la Carne (INAC).

del sector. Por este motivo parece relevante estudiar en qué medida el aumento de precios de la tierra puede ser explicado por el aumento de precios, el aumento de productividad y los cambios en la estructura productiva.

El siguiente capítulo presenta el marco teórico utilizado como referencia para dar a la investigación un conjunto de conceptos que faciliten el abordaje de la temática bajo análisis.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 Características y determinantes del precio de la tierra

La tierra presenta ciertas características que la hacen un bien particular. Es un factor productivo inmóvil, durable y no reproducible. Al mismo tiempo, la tierra es un activo inmobiliario que puede generar ganancias de capital o al menos proteger el valor del mismo. Esta doble característica del bien, provoca que al momento de determinar su precio confluyan una multiplicidad de factores de distinta naturaleza.

En términos generales, la literatura que estudia los determinantes del precio de la tierra se puede clasificar en dos grandes grupos.

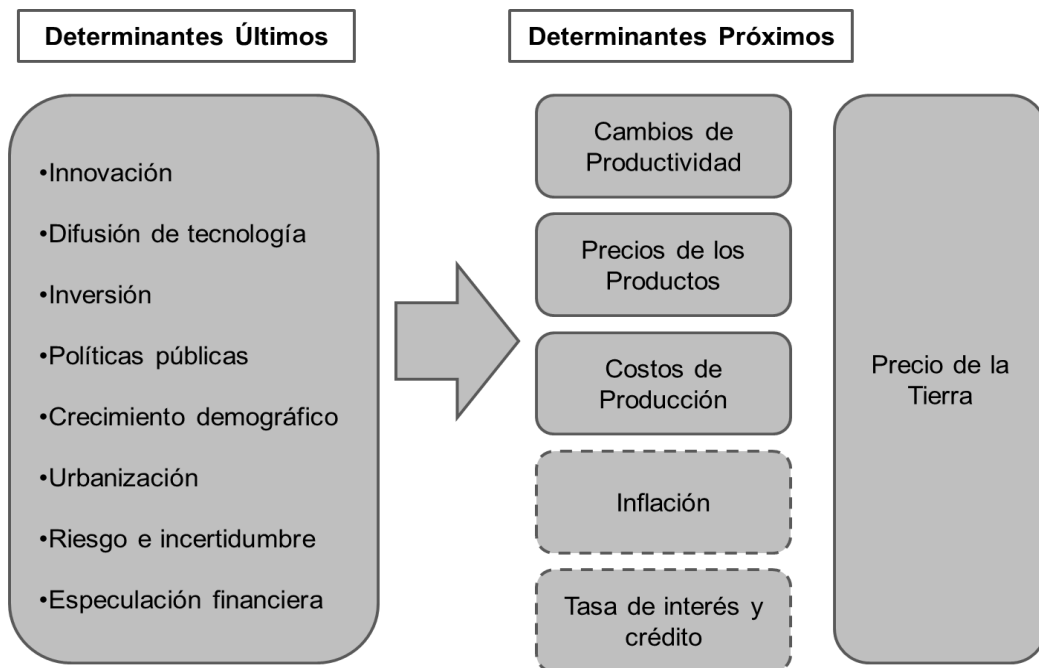
Por un lado, la hipótesis más convencional intenta explicar el precio de la tierra a través de factores inherentes al sector agropecuario, intensivo en su utilización. En este sentido, Melichar (1979) encuentra como variable fundamental los pagos a los servicios productivos de la tierra, que a su vez se determinan por el cambio técnico, el rol del Estado (impuestos y subsidios) y la demanda de productos intensivos en tierra. En esta misma línea autores como Phipps (1984), Alston (1986) y Burt (1986) indican que las rentas son la fuente principal de valorización de la tierra.

Un segundo grupo de autores destaca la importancia que tiene la tierra como activo utilizado para reserva de valor, lo que provoca que factores macroeconómicos como la tasa de interés, la inflación y la disponibilidad de crédito ejerzan presión sobre el precio de la tierra (Feldestein (1980), Castle y Hoch (1982), Just y Miranowski (1993)). Complementariamente a estos últimos, se encuentran autores que investigan el efecto de factores especulativos derivados del hecho de que la tierra es al mismo tiempo un factor productivo y de inversión inmobiliaria (Tegene y Kutchler (1993)).

En esencia, más allá de las distintas perspectivas teóricas, el precio de la tierra depende de la capacidad de generar valor en el futuro. En el cuadro 3 se exponen esquemáticamente los principales factores que afectan el precio de la tierra de acuerdo a la bibliografía consultada.

Los factores que afectan el precio de la tierra se pueden agrupar en dos niveles, determinantes próximos que afectan directamente el precio de la tierra, los que a su vez se explican por otros factores, denominados determinantes últimos.

Cuadro 3-determinantes teóricos del precio de la tierra



Dentro de los determinantes próximos se encuentran: cambios en las productividades, que provocan variaciones en la producción con una misma unidad del factor tierra; precios de los productos y costos de producción. Estas variables determinan la rentabilidad de la tierra y por consiguiente afectan su valor. En otro orden, dentro de los factores próximos se distinguen: la inflación, que juega en la demanda de tierra como activo de reserva; la tasa de interés y la disponibilidad de crédito, que son determinantes directos de la financiación de las actividades productivas y en consecuencia de la inversión en tierra.

A su vez, los determinantes próximos se determinan por otros que se identifican como determinantes últimos del precio de la tierra. Por un lado

la innovación, difusión de tecnología e inversión son el motor de los cambios en la productividad. Las políticas públicas a través de diversos instrumentos entre los que destacan impuestos, subsidios e inversión en infraestructura afectan al conjunto de los determinantes próximos. Por otra parte, variables como crecimiento poblacional y urbanización generan presiones en la oferta y la demanda de productos e insumos provocando variaciones en los precios de los mismos. Otros factores importantes son el riesgo e incertidumbre propios de la operativa del sector demandante de tierra, que se ve afectada por riesgos climáticos y sanitarios, estabilidad jurídica e institucional, entre otros. Finalmente un fenómeno que no se encuentra comúnmente en la literatura sobre el tema es la denominada “financiamiento de los *commodities*” que hace referencia a la inversión - especulación que realizan los inversores bursátiles en instrumentos vinculados a *commodities*.

A continuación se expone un modelo analítico para comprender el vínculo entre el precio de la tierra y los determinantes de la producción de bienes intensivos en el uso de la tierra como factor de producción.

3.2 Modelo analítico

A nivel microeconómico el precio de la tierra se determina por lo que esta es capaz de producir en el futuro. Siguiendo esta línea, el valor de la tierra en un momento dado se puede ver como el valor actual esperado de los

flujos de fondos futuros que se generan por su utilización como insumo en diversos procesos productivos³. Se desarrolla un modelo analítico para comprender la determinación del precio de la tierra, basado en Soto (2005).

Se supone un productor-propietario que tiene la siguiente función de producción por hectárea:

$$(1) y(a,l,k) = Ak^\alpha l^\beta$$

Donde l y k son las unidades de mano de obra y capital empleadas por unidad de tierra. A_t es la productividad en cada momento del tiempo.⁴

$$(2) A_{t+1} = e^\rho \cdot A_t \cdot e^{\varepsilon_t}$$

Tomando logaritmos se obtiene:

$$(2.a) \log(A_{t+1}) = \rho + \log(A_t) + \varepsilon_t$$

Con lo que la productividad es una función estocástica que crece a una tasa ρ , depende de los valores pasados y de una perturbación aleatoria

³ Enfoque del Valor Presente Neto (VPN) utilizado en gran parte de la literatura revisada sobre la temática.

⁴ $y(a,l,k)$ es una función de producción Cobb-Douglas, con rendimientos decrecientes a escala ($\alpha+\beta < 1$).

con media cero, que representa distintos shocks que pueden afectar la productividad (factores climáticos, sanitarios, tecnológicos, etc).

La función de beneficios por hectárea percibidos por el propietario-productor de la tierra queda definida como:

$$(3) \Pi = P_p \cdot y(a, k, l) - w \cdot l - p_k \cdot k$$

Π son los beneficios por hectárea, que pueden ser vistos como la remuneración al servicio del factor tierra. P_p es el precio recibido por el productor, w es el costo de cada una de las l unidades de mano de obra empleadas y p_k es el costo de cada una de las k unidades de capital utilizadas.

$$(4) P_p = \frac{P_m}{[1 + CT(d)][1 + \tau]}$$

P_m , es el precio de mercado, $CT(d)$ el costo de transporte que depende positivamente de la distancia al mercado d , τ representa los impuestos y subsidios.

Finalmente, se deduce que el precio de una hectárea de tierra, queda definido como el valor actual esperado de los flujos futuros que genera.

Para descontar los flujos se utiliza la tasa de interés r que representa el costo oportunidad del dinero.

$$(5) PT_t = E \left[\int_t^{\infty} \Pi \cdot e^{-r(s-t)} ds \right]$$

Para evaluar cómo cada uno de los determinantes próximos afectan la dinámica del precio de la tierra, derivamos Π con respecto a cada uno de ellos.

$$\frac{\partial \Pi}{\partial P_p} = y(a, l, k) \geq 0$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial a} = \partial a \cdot y(a, l, k) + a \cdot \partial y_a \geq 0$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial w} = -l \leq 0$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial p_k} = -k \leq 0$$

En primer lugar, un aumento en el precio de los bienes provoca un aumento en la rentabilidad de la tierra y por consiguiente en su precio. En segundo lugar, aumentos de la productividad operan en el mismo sentido, ya que se incrementa la producción por unidad de tierra. Finalmente

incrementos en los precios de los insumos reducen la rentabilidad de la actividad afectando negativamente el precio de la tierra.

Retomando la ecuación (5) se puede realizar una lectura sobre la dinámica del mercado de tierras:

$$PT_t = E \left[\int_t^{\infty} \Pi . e^{-r(s-t)} ds \right]$$

El propietario-productor tendrá incentivos económicos a vender su hectárea de tierra cada vez que el monto de dinero que le ofrezcan sea superior a los beneficios futuros descontados que espera obtener por la explotación de la misma⁵. Productores más eficientes entrarán al mercado pagando el precio al que los actuales propietarios están dispuestos a vender, ya que tendrán expectativas de mayores beneficios fruto de una mejor utilización de los factores. Así el ingreso a la actividad de productores más eficientes provocará incrementos en el precio de la tierra a través de esta dinámica. Este fenómeno puede darse tanto a nivel intrasectorial como intersectorial (cambio de giro productivo), provocando

⁵ En ciertos mercados de tierra los costos de transacción pueden ser determinantes en la decisiones de compra - venta. Ejemplos de esto pueden darse cuando los derechos de propiedad no están claramente definidos y/o existen altos impuestos sobre las transacciones. Chavas y Thomas (1999) analizan el efecto de los costos de transacción sobre el mercado de tierras.

competencia y presiones de demanda que terminarán afectando el precio de la tierra⁶.

⁶ Esto se puede ver a través de una ecuación alternativa donde el precio de la tierra quedará determinado como el máximo beneficio esperado entre las actividades a, a' (del mismo sector) y b (de un sector diferente): $P_{T_t} = \int_t^{\infty} \text{Max}[\Pi_a, \Pi_{a'}, \Pi_b] e^{-r(s-t)} ds$, (Phipps 1984:424)

4 ANTECEDENTES

La temática del precio de la tierra cobra relevancia en la década del 70' con el desarrollo de una serie de trabajos que buscaban explicar el fuerte crecimiento del precio de la tierra que se produjo en Estados Unidos⁷. Gran parte de estos trabajos se nuclean en las publicaciones del American Journal of Agricultural Economics.

Entre las distintas aproximaciones metodológicas para la modelización del precio de la tierra se distinguen dos enfoques. Por un lado el enfoque estructural, donde se definen a priori las relaciones teóricas entre las variables bajo estudio y luego se aplican dichas relaciones a los datos para obtener estimaciones. En contraste, el enfoque empírico parte de un conjunto reducido de variables a partir de las cuales se busca estimar la interacción existente entre ellas mediante la utilización de distintas técnicas econométricas (Awokuse y Duke, 2004).

A continuación se resumen brevemente una selección de los trabajos consultados para la realización de la presente investigación.

4.1 Antecedentes internacionales

⁷ Durante la década del 70 el crecimiento promedio anual del precio de la tierra en dólares corrientes fue de 13%, mientras que en el periodo 1950-1970 fue de 5,8%.

Castle y Hoch, 1982. El análisis parte de un inversor que toma decisiones de compra-venta en base a sus expectativas de ingreso y al precio observado de la tierra en el mercado. Plantean un modelo estructural basado en el valor actual de flujos perpetuos compuestos por los ingresos derivados de la actividad agropecuaria y las ganancias (perdidas) reales de capital provocadas por los efectos de la inflación. En base a las relaciones teóricas del modelo de valor actual estiman los precios teóricos de cada año, desagregándolos en cada uno de sus dos componentes.

Concluyen que el componente de retornos de la actividad agropecuaria no es la única explicación del precio y es importante la parte de ganancias de capital, debido a las variaciones en el nivel general de precios.

Phipps, 1984. Encuentra una relación de causalidad unidireccional de los retornos del sector agropecuario sobre los precios de la tierra y afirma que estos se determinan dentro del propio sector. Plantea un Modelo Autorregresivo Integrado de Medias Móviles (ARIMA) bivalente donde el precio de la tierra queda explicado por si mismo y por los retornos, consiguiendo un mejora en la bondad de ajuste respecto a un modelo ARIMA univariante del precio de la tierra.

Dhungana et al, 1999. Estudian el efecto de los retornos del agro, la tasa de interés real y la inflación sobre el precio de la tierra. Para la estimación utilizan la metodología de Modelo de Corrección de Errores (ECM), basado en un Modelo de Retardos Distribuidos Autorregresivos (ADL).

En el largo plazo solamente los retornos resultan significativos para explicar el precio de la tierra. En el corto plazo, al efecto positivo de los retornos sobre el precio, se suma un efecto contrapuesto de la tasa de interés real. Por su parte, la inflación en ningún caso resulta significativa.

Awokuse y Duke, 1999. Analizan las causas del precio de la tierra con las técnicas Directed Acyclic Graphs (DAG) y Vectores Autorregresivos (VAR). En primer lugar analizan la causalidad contemporánea con la técnica DAG donde se verifican correlaciones condicionales, es decir la relación entre dos variables controlando por una tercera. La utilidad de esta técnica para los autores consiste en no definir a priori un set reducido de variables que afectan a la variable dependiente, sino utilizar un conjunto más amplio de variables que tienen una relación teórica, para luego quedarse solo con aquellas que tengan un efecto directo. Luego aplican la metodología VAR para evaluar cómo dichas variables afectan al precio de la tierra en el tiempo.

Ambas técnicas confirman la importancia de los retornos netos del agro, costo de oportunidad del capital e impuestos a la propiedad, como determinantes significativos de las fluctuaciones del precio de la tierra.

4.2 Antecedentes nacionales

A nivel nacional, si bien la literatura sobre el tema no es abundante, se resumen a continuación los principales antecedentes revisados.

Sader, 2006. Indaga sobre el origen de la tendencia alcista verificada en el precio de la tierra en los últimos años del periodo analizado en su trabajo (1969-2006). Postula la hipótesis de que este fenómeno se puede deber principalmente a dos factores: la oferta inelástica de la tierra y la mayor expectativa de rentabilidad de los sectores ganadero, forestal y de agricultura de secano. Investiga los determinantes del precio de la tierra de uso agropecuario en Uruguay a través de la metodología VECM estimando un modelo en el cual el precio de la tierra es explicado por el precio del novillo y la inflación en dólares.

Concluye que el precio de la tierra mantiene una relación positiva con el precio del novillo y la inflación en dólares, estimando una elasticidad de 0,85 y 0,15 respectivamente. Los resultados muestran la fuerte incidencia

del precio del novillo, destacando la importancia de la ganadería en la formación de precios de la tierra.

Lorenzo y Lanzilotta, 2009. Estudian el comportamiento del precio de la tierra con un modelo estructural univariante para la extracción de señales (ciclo, tendencia y componente irregular) y sus determinantes de largo plazo a través de la modelización VECM. Encuentran un componente cíclico en el precio de la tierra con una duración aproximada de 9 a 10 años. Dentro de los determinantes de largo plazo, estiman que el precio de la tierra mantiene una elasticidad positiva respecto al valor bruto de producción pecuaria y al tipo de cambio real de 1,3 y de 2,6 respectivamente.

Concluyen que la producción agropecuaria es un factor importante para explicar el precio de la tierra y que un buen desempeño de los rendimientos del sector es necesario para que la tierra se valore. Asimismo, el tipo de cambio real influye de manera amplificada sobre el precio de la tierra, evidenciando los efectos del contexto macroeconómico sobre el mismo.

Dada la relevancia para el presente trabajo de los dos últimos antecedentes reseñados, se realizan algunos comentarios sobre los mismos y sus vinculaciones.

En primer lugar, mantienen ciertos puntos en común ya que ambos incluyen como determinantes del precio de la tierra variables relacionadas a la rentabilidad del sector pecuario; en un caso únicamente se considera el nivel de precios y en otro la producción y precios del sector. En este sentido, ambos concluyen que expectativas de mayor rentabilidad pecuaria se relacionan positivamente con el precio de la tierra.

Por otra parte en los dos trabajos se considera una segunda variable asociada a la influencia del contexto macroeconómico, en el primer caso la inflación en dólares y en el otro el tipo de cambio real. Si bien es de esperar que la correlación entre ambas sea negativa, dada la definición de ambas variables, los resultados de las elasticidades estimadas en los modelos presentan el mismo signo, lo que dificulta extraer conclusiones sobre el efecto del contexto macroeconómico sobre el precio de la tierra.

Lanfranco y Sapriza, 2010. Estiman un modelo de precios hedónicos a partir de datos de transacciones de compra-venta de campos. El enfoque difiere de los antecedentes nacionales anteriormente expuestos en el sentido que se analizan los determinantes a nivel micro-económico. El estudio concluye que la productividad, localización y aptitud de uso del predio, afectan marcadamente el valor de mercado de los campos.

5 METODOLOGÍA ECONOMÉTRICA

De acuerdo al marco teórico desarrollado anteriormente, el presente trabajo tiene como objetivo analizar la existencia de una relación de equilibrio de largo plazo entre el precio de la tierra y sus fundamentos. A su vez se pretende analizar las características de dicha relación, particularmente los efectos que tienen sobre el precio de la tierra movimientos en sus fundamentos. Adicionalmente, se busca estudiar cómo se restablece el equilibrio ante cambios transitorios en las variables.

En el presente capítulo se expone la metodología econométrica utilizada para los objetivos señalados, comenzando con el análisis de cointegración, el estudio del orden de integración de las series y posteriormente se desarrolla la metodología del modelo econométrico aplicado.⁸

5.1 Análisis de cointegración

El concepto de cointegración permite describir la existencia de una relación estacionaria, o de equilibrio, entre dos o más variables que individualmente consideradas no son estacionarias. La existencia de una

⁸ La mayor parte de este apartado se inspiró en la metodología expuesta en Capurro, Davies y Ottonello (2006).

relación de cointegración indica la presencia de una tendencia subyacente común entre las variables.

El estudio de Cointegración entre variables puede realizarse mediante dos metodologías alternativas: Engle y Granger (1987) y Johansen (1988).

La metodología de Engle y Granger, a pesar de su fácil aplicación, mantiene algunas limitaciones. Por un lado, se debe seleccionar la variable dependiente y sus regresores, lo cual condiciona las conclusiones sobre la presencia de relaciones de cointegración a dicha elección. Por otra parte, la metodología consiste en una estimación en dos etapas. En primer lugar se realiza una regresión entre las variables y se estudia el orden de integración de los residuos. En la segunda etapa se utilizan los residuos estimados anteriormente para analizar la dinámica de corto plazo. El procedimiento en dos etapas tiene la limitante de arrastrar los errores del primer al segundo paso. El supuesto implícito en el procedimiento es que existe como máximo una relación de cointegración independiente, con lo cual se excluye la posibilidad de estudiar la existencia de más de una relación de cointegración cuando se trabaja con tres o más variables.

Las consideraciones señaladas nos llevan a utilizar la metodología propuesta por Johansen para la realización del presente trabajo.

El procedimiento planteado por Johansen (1988) considera un conjunto de n variables que admiten una representación de Vectores Autorregresivos (VAR) de la siguiente forma,

$$(6) \quad x_t = A_1 x_{t-1} + A_2 x_{t-2} + \dots + A_p x_{t-p} + u_t$$

Donde x_t es el vector $(x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_{t-p})'$; u_t es el vector $(u_{1t}, u_{2t}, \dots, u_{nt})'$ y A_i es una matriz $(n \times n)$ de parámetros. Operando convenientemente, la ecuación (6) puede expresarse de la siguiente manera,

$$(7) \quad \Delta x_t = \pi \cdot x_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \pi_i \Delta x_{t-1} + u_t$$

$$\text{Donde } \pi = -(I - \sum_{i=1}^p A_i) \text{ y } \pi_i = - \sum_{j=i+1}^p A_j$$

En la ecuación (7) el rango de la matriz π es igual al número de vectores de cointegración independientes, siendo cada una de las filas de π , y toda combinación lineal de ellas, un vector cointegrador. La metodología planteada por Johansen (1988) busca determinar la cantidad de relaciones de cointegración independientes a partir de la estimación de

las raíces características de la matriz π . El test de Johansen somete a prueba la hipótesis nula de que existen como máximo r vectores cointegradores ($0 \leq r \leq n-1$) independientes mediante la utilización de dos estadísticos: el estadístico de la traza (λ trace) y el estadístico de máximo valor propio (λ máx).

5.2 Orden de integración de las series

Para el análisis de cointegración de las series es necesario que estas mantengan el mismo orden de integración, es decir el número de diferencias que se deben aplicar a las series para obtener un proceso estacionario. Una serie es considerada estacionaria en sentido amplio cuando su media y varianza son constantes en el tiempo y la covarianza entre dos periodos depende únicamente del intervalo considerado.

Para la determinación del orden de integración de las series se aplicó el test Dickey-Fuller Aumentado (ADF). El test ADF plantea tres posibles especificaciones para el estudio de la estacionariedad de la serie y permite la inclusión de tantos rezagos⁹ como sean necesarios para captar la estructura autorregresiva del proceso y evitar que esta invalide los resultados del test:

⁹ El número óptimo de rezagos a incluir en el test se determina a partir del criterio de Akaike.

$$\text{Modelo 1: } \Delta y_t = \mu + \beta \cdot t + \gamma \cdot y_{t-1} + \sum_{k=1}^k \delta_i \Delta y_{t-k} + \varepsilon_t$$

$$\text{Modelo 2: } \Delta y_t = \mu + \gamma \cdot y_{t-1} + \sum_{k=1}^k \delta_i \Delta y_{t-k} + \varepsilon_t$$

$$\text{Modelo 3: } \Delta y_t = \gamma \cdot y_{t-1} + \sum_{k=1}^k \delta_i \Delta y_{t-k} + \varepsilon_t$$

En la especificación 1) el proceso contiene una constante y tendencia determinística. En 2) se admite la presencia de una constante, mientras que en 3) el proceso no contiene constante ni tendencia determinística. El test de ADF contrasta la hipótesis nula de existencia de raíz unitaria en el proceso generador de y_t ($\gamma=0$). Si no se rechaza la hipótesis nula ($\gamma=0$), se dice que la serie es no estacionaria, mientras que si $\gamma < 0$ el proceso es estacionario.

5.3 Metodología VECM

Para la aplicación del modelo VECM es necesario que exista al menos una relación de cointegración entre algunas de las variables estudiadas. Por otra parte, el teorema de representación de Engle y Granger postula que toda combinación lineal entre dos variables integradas del mismo orden, posee el mismo orden de integración que las variables que la componen salvo que dichas variables estén cointegradas, en cuyo caso la combinación lineal resultante será de un orden de integración menor. En particular, si dos variables son I(d) toda combinación lineal entre ellas

será I(d) salvo que estén cointegradas, en cuyo caso será I(d-b), con $0 < b < d$.

Una vez constatada la existencia de una relación de cointegración, considerando el teorema de representación de Granger y dado que las variables son integradas del mismo orden, es posible estimar un VECM. El VECM incluye la relación de largo plazo y la dinámica de corto plazo (es decir, cómo se dan los ajustes cuando se observan desvíos en la relación de equilibrio de largo plazo).

Partiendo de la ecuación (7) pueden definirse dos matrices α y β de dimensión $(n \times r)$ y rango completo, siendo r el rango de la matriz π , que cumplen la siguiente condición,

$$(8) \pi = \alpha \beta'$$

Puede entonces describirse la ecuación (7) de la siguiente manera,

$$(9) \Delta x_t = \alpha \beta' x_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \pi_i \Delta x_{t-i} + \mu_t$$

En esta ecuación, β es la matriz que contiene los parámetros de las relaciones de largo plazo (vectores de cointegración). Por otra parte, la

matriz α contiene los coeficientes que miden la reacción de cada variable en el corto plazo ante un desequilibrio en la relación de largo plazo. En este sentido, los coeficientes de la matriz α pueden interpretarse como la velocidad de ajuste de los desvíos respecto a la relación de largo plazo. Si $\alpha_{ij} = 0$, la variable x_i no se ajusta para corregir los desequilibrios de la relación de cointegración j , mientras que si $\alpha_{ij} \neq 0$, x_i responde al desalineamiento de la ecuación de largo plazo j . Adicionalmente, si $\alpha_{ij} < 0$, la variable x_i se ajusta para corregir los desalineamientos del equilibrio de la relación de cointegración j . La magnitud del coeficiente α_{ij} indica el ajuste porcentual del desvío respecto al equilibrio que x_i realiza en cada período. En términos del análisis de Engle, Hendry y Richard (1983), el hecho de que $\alpha_{ij} = 0$ determina la exogeneidad débil de la variable x_i respecto al set de parámetros de la relación de cointegración j .

6 DESCRIPCIÓN DE LAS SERIES

Como se analiza en el marco teórico el precio de la tierra depende del ingreso que se espera obtener por su utilización. Se identifican como determinantes próximos inherentes al sector: los precios de los productos que se producen mediante la utilización del factor tierra, la producción por unidad empleada del factor (productividad física) y los costos de producción. Por otra parte la literatura identifica determinantes próximos que se encuentran fuera del sector como la tasa de interés, la inflación y la disponibilidad de crédito.

En el siguiente apartado se expone la estrategia empírica adoptada en la presente investigación, donde se discute la frecuencia de datos a utilizar y las variables a incluir en la modelización del precio de la tierra.

6.1 Estrategia empírica

El procedimiento para el estudio de los determinantes del precio de la tierra inicialmente comenzó con la modelización econométrica VECM utilizando datos de frecuencia anual para el periodo 1960-2010¹⁰. El tamaño de la muestra para dicha frecuencia y el periodo considerado no permitió la inclusión de todos los determinantes teóricos para los cuales

¹⁰ Se utilizó el software econométrico Eviews 5.0 para la estimación de los modelos y los contrastes estadísticos.

se pudieron recabar datos. Particularmente, el set inicial de datos recabados para la modelización incluyó: series de precios de *commodities* agrícolas y pecuarios, rendimientos físicos de los *commodities* por unidad de tierra en Uruguay, variables relacionadas a costos e ingresos del sector agropecuario como Índice de Salario Real e inflación en dólares en Uruguay, precios de combustibles y fertilizantes. Por último se incluyó como *proxy* de la tasa de interés y condiciones crediticias generales el rendimiento de los bonos del gobierno de Estados Unidos a diez años (US Treasuries)¹¹.

Respecto a la frecuencia inicial de datos anuales, el número de observaciones suponía una cantidad inferior a lo recomendado para la aplicación de modelos de tipo VECM. Se entiende que esta limitante afectó las estimaciones en cuanto a la robustez de los resultados y la estabilidad del modelo. Si bien en algunos casos se lograron modelos y especificaciones en línea con los resultados finales presentados en esta investigación, las estimaciones de modelos con frecuencia de datos anual resultaron muy sensibles a cambios en restricciones sobre parámetros, inclusión de observaciones atípicas y variables explicativas adicionales.

Por estas razones se decidió ampliar la frecuencia a datos trimestrales, lo que supuso modificar el periodo de la muestra, desde el primer trimestre

¹¹ Las series de datos pueden ser consultadas a los autores a dfelipez@adinet.com.uy o panfra25@hotmail.com

de 1974 hasta el último trimestre de 2010. Este cambio resolvió los problemas de inestabilidad de los modelos iniciales, aunque supuso algunas limitantes derivadas de la construcción de las variables, como se explicita más adelante en el presente capítulo.

Una vez disponibles las series de frecuencia trimestral, se comenzaron a estimar modelos modificando el set de variables explicativas. En primer lugar se intentó incluir separadamente las productividades del sector pecuario y del sector agrícola y a su vez dos series de precio, una por cada sector, obteniendo así un modelo con cuatro variables explicativas. A pesar de conseguir mejores resultados en cuanto a la estabilidad del modelo con respecto a los estimados con datos de frecuencia anual, estos no se consideraron satisfactorios ya que igualmente se presentaba cierta inestabilidad y tampoco se consideraron satisfactorios en términos de validez de los modelos. La inestabilidad persistente en los modelos se deriva de la inclusión de un número elevado de variables explicativas dada la cantidad de observaciones disponibles y la metodología seleccionada para la modelización.

Por otra parte se buscó la inclusión de otros determinantes más allá de los vinculados con la producción. Así se intentó la modelización considerando variables macroeconómicas relacionadas a los costos del sector agropecuario (particularmente inflación y salarios en dólares en

Uruguay) y la tasa de interés (rendimiento de US Treasuries 10 años). Nuevamente, a pesar de lograr menor inestabilidad en los resultados que con respecto a los modelos con frecuencia anual, la inclusión de estas últimas variables generó nuevamente problemas de sensibilidad en los coeficientes.

Considerando los determinantes del precio de la tierra mencionados, las limitantes expuestas y el alcance del presente trabajo finalmente se seleccionaron variables referidas a ingresos brutos del sector agropecuario. En este sentido, a partir de las series de precios y rendimientos físicos de los *commodities* se construyeron indicadores de productividad valorada, desagregando en los dos subsectores de mayor importancia dentro del sector agropecuario: la agricultura y la ganadería bovina de carne.

Se detalla a continuación el procedimiento seguido para la construcción de las variables que finalmente se incluyeron en la modelización.

Cabe realizar una última precisión antes de presentar las series finalmente seleccionadas para la estimación del modelo. No se desconoce la influencia de otras actividades importantes dentro del sector agropecuario uruguayo como la silvicultura y la lechería. De todas formas, estas no fueron consideradas para la modelización del precio de la tierra

por exceder el alcance del presente trabajo y por la mencionada limitante impuesta por la metodología econométrica seleccionada en cuanto a la cantidad de variables a incluir en el modelo.

6.2 Productividad agrícola valorada

Se utiliza esta variable como *proxy* de los ingresos brutos medios generados por la agricultura. Se construye a partir de series trimestrales de precios y rendimientos de los distintos cultivos.

Se seleccionaron para la construcción de la variable los siguientes cultivos: maíz, soja, cebada, sorgo, trigo y arroz, que representan en promedio un 84% de la superficie sembrada para el periodo considerado. Es importante destacar que estos mismos cultivos han crecido a lo largo del período, impulsados principalmente por la soja, alcanzando en su conjunto un 97% de la superficie sembrada en el año 2010. Se excluyeron del análisis el lino, girasol y avena por no disponer de datos de sus precios para la totalidad del periodo analizado. Se considera este punto una limitante de la investigación, ya que para tener el efecto total de la agricultura sobre el precio de la tierra sería deseable contar con un modelo que incluya todas las actividades del sector.

Como indicador de la productividad de la tierra se utiliza el rendimiento por hectárea de los cultivos. La fuente consultada para la obtención de los

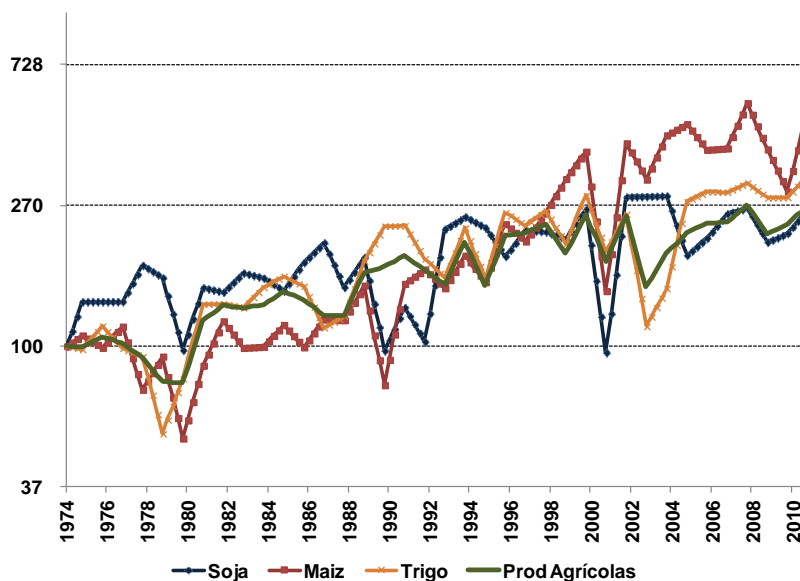
datos fue la Dirección de Estadísticas Agropecuarias (DIEA) del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP). La frecuencia de estos datos es anual y corresponde a cada ejercicio económico. De modo de armonizar las series con la frecuencia definida en el presente trabajo, se siguió el procedimiento de trimestralización de las tasas de crecimiento anuales de cada cultivo. Para el mismo se tomaron las tasas de crecimiento anuales de la serie y se realizó el supuesto de que este crecimiento se da de forma uniforme a lo largo de los cuatro trimestres del año. Luego se aplicaron las tasas de crecimiento trimestrales obtenidas mediante este procedimiento para obtener la serie en frecuencia trimestral¹². Se entiende que este procedimiento no altera la evolución de las series originales ya que se capta su tendencia a lo largo del tiempo, que es en definitiva lo que se intenta recoger al estimar el precio de la tierra. De todas formas es necesario mencionar que la trimestralización puede ser perjudicial ya que introduce cierta variación trimestral a la serie que no es real.

De modo de agregar los rendimientos de los cultivos seleccionados se construyó un indicador de productividad agrícola, a partir de la suma

¹² Chow y Lin (1971) sugieren utilizar variables auxiliares (indicadores) que permitan replicar las variaciones trimestrales sobre la serie original. Al no disponer de variables auxiliares con frecuencia trimestral, se recurrió a la desagregación temporal trivial, método de trimestralización de simple aplicación, que se utiliza como referencia al momento de evaluar los resultados de métodos alternativos.

ponderada de las series de rendimiento de los cultivos. Como ponderador se utilizó la participación de cada uno en el total del área sembrada¹³.

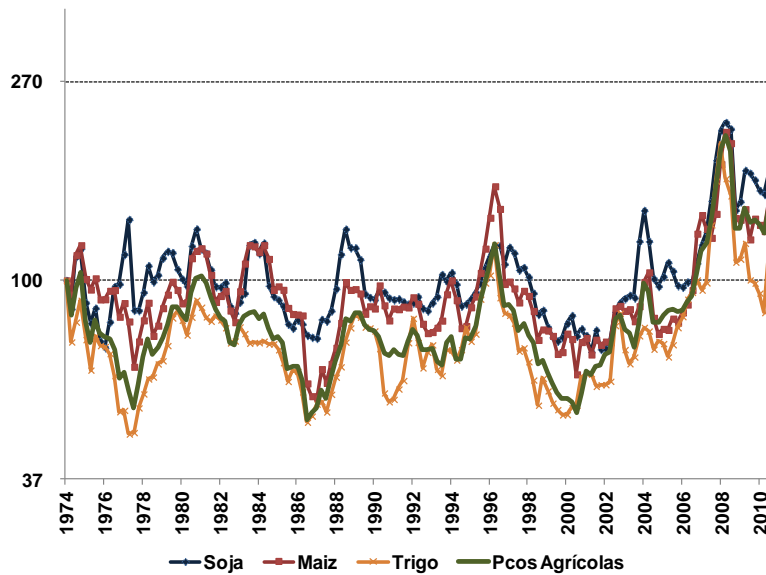
Gráfico 5 Rendimiento de los cultivos (Kg/Ha). Escala logarítmica, base 1974=100.



La fuente consultada para los precios de los cultivos seleccionados fue la base de datos del Banco Mundial, donde se compilan los precios de *commodities* de los principales mercados. Para cada cultivo se utilizó el precio medio en dólares corrientes trimestral. Al igual que en la construcción de la serie de productividad agrícola, se construyó el indicador de precios agrícolas a partir de la suma ponderada por área sembrada de los precios de cada cultivo.

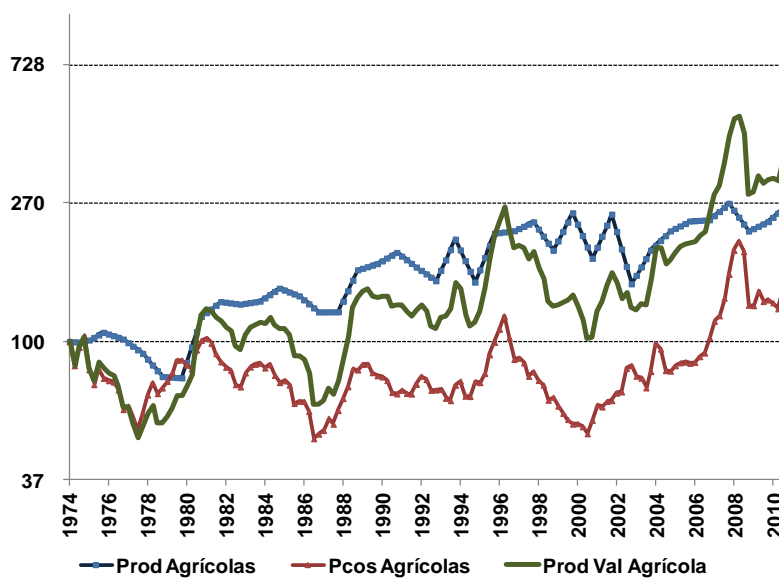
¹³ En el anexo A se incluye tabla con el valor de los ponderadores de cada cultivo por año.

Gráfico 6 Precios de los cultivos (Dólares corrientes). Escala logarítmica, base 1974=100.



Finalmente la productividad agrícola valorada se obtuvo multiplicando los indicadores de productividad y precios agrícolas trimestrales.

Gráfico 7 Productividad valorada de los cultivos. Escala logarítmica, base 1974=100.



6.3 Productividad pecuaria valorada

Para tener un indicador de los ingresos brutos medios generados en el sector pecuario, se construyó la variable Productividad pecuaria valorada, a partir de series trimestrales de producción física por hectárea de carne bovina y el precio del novillo en dólares corrientes.

Al no disponer de una serie trimestral de producción física de carne bovina por hectárea, se estimó a partir del producto de la faena de bovinos en cabezas y el peso medio (toneladas/cabeza). Para el periodo 1995-2010 la estimación se realizó en base a los datos efectivos de faena y peso medio mensuales de DIEA-MGAP. Para el periodo 1974-1994 se disponen de datos mensuales de faena y anuales de peso medio. Para disponer de una estimación del peso medio en dicho periodo, se estimaron los coeficientes estacionales trimestrales del peso medio del periodo 1995-2010 en base al software econométrico Demetra y luego se aplicaron estos coeficientes a la serie anual de peso medio, obteniendo finalmente el peso medio trimestral para el periodo 1974-1994¹⁴.

Para obtener el indicador de producción física por hectárea se dividió la variable estimada de faena trimestral en toneladas por la cantidad de hectáreas anuales de uso bovino de carne de DIEA-MGAP. El no incluir

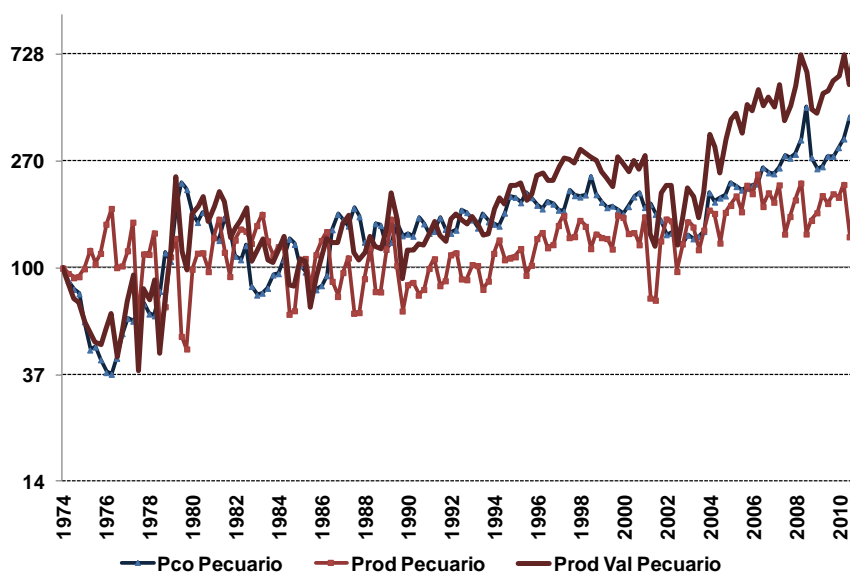
¹⁴ En anexo B se incluyen los resultados de la estacionalidad extraídos del software Demetra.

otro de los rubros importantes de la ganadería como la lechería, constituye como ya se mencionó una limitante de la presente investigación, ya que no se considera para explicar el precio de la tierra.

La fuente de la serie del precio del novillo en dólares corrientes corresponde a DIEA-MGAP para el periodo 1974-2005 e INAC a partir del 2006 inclusive.

Finalmente, la productividad pecuaria valorada se obtuvo multiplicando el indicador de productividad estimado y la serie de precio del novillo trimestral.

Gráfico 8 Productividad valorada del sector pecuario. Escala logarítmica, base 1974=100.

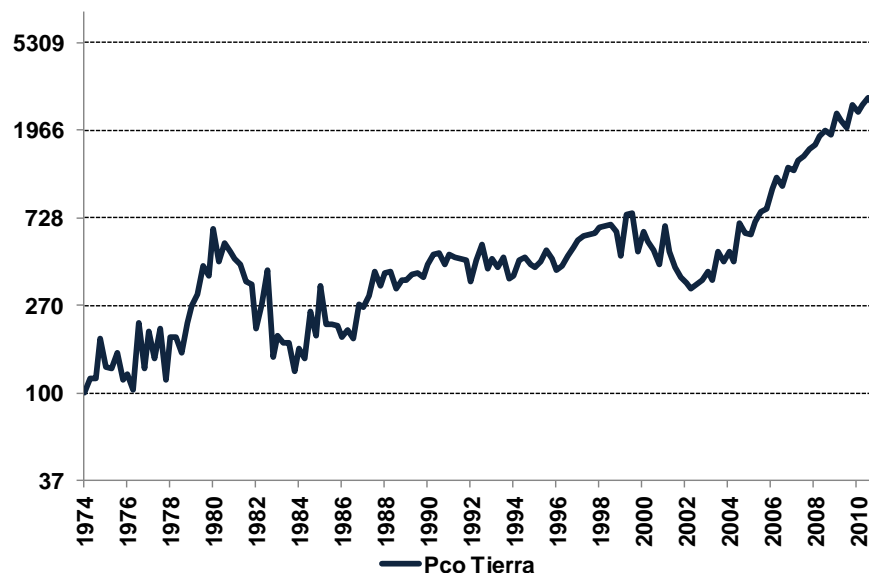


6.4 Precio de la tierra

La fuente utilizada para el precio de la tierra corresponde a la serie trimestral de transacciones mayores a mil hectáreas del Instituto Nacional de Colonización (INC) para el periodo 1974-2000. Posteriormente, para el periodo 2001-2010 se considera la serie de DIEA¹⁵. La serie considerada a partir del 2005 es más completa ya que incluyen las transacciones de tierras menores a mil hectáreas e incluso DIEA realiza un tratamiento de la misma, no incluyendo datos atípicos. Los datos obtenidos del INC constituyen una limitante al trabajo, ya que para el período 1974-2000 no se disponen de datos sobre todas las transacciones realizadas en el país. Al mismo tiempo esta serie se construyó en base a intenciones de compra-venta y no a operaciones efectivamente concretadas.

¹⁵ DIEA-MGAP y la Dirección Nacional de Registros (DNR) suscribieron acuerdo en Abril 2006 para el suministro de información sobre transacciones de compra-venta realizadas sobre inmuebles rurales.

Gráfico 9 Precio de la tierra (dólares corrientes por hectárea). Escala logarítmica, base 1974=100.



Cuadro 4 Cuadro resumen con estadísticos de las variables utilizadas

| | | Precios Pecuarios | Productividad Pecuaria | Prod Valorada Pecuaria | Precios Agrícolas | Productividad Agrícola | Prod Valorada Agrícola | Precio Tierra |
|-----------|----------|-------------------|------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|------------------------|---------------|
| 1975-1990 | Promedio | 11% | 4% | 8% | 0% | 5% | 5% | 16% |
| | Desvío | 47% | 32% | 39% | 18% | 14% | 29% | 45% |
| | Max | 175% | 117% | 162% | 49% | 56% | 87% | 169% |
| | Min | -48% | -49% | -41% | -26% | -15% | -32% | -56% |
| 1991-2000 | Promedio | 3% | 6% | 9% | -1% | 2% | 2% | 3% |
| | Desvío | 12% | 14% | 16% | 18% | 16% | 31% | 18% |
| | Max | 28% | 32% | 57% | 51% | 42% | 92% | 40% |
| | Min | -24% | -24% | -24% | -28% | -28% | -32% | -34% |
| 2001-2010 | Promedio | 9% | 5% | 14% | 13% | 3% | 16% | 21% |
| | Desvío | 23% | 25% | 31% | 24% | 15% | 30% | 26% |
| | Max | 57% | 105% | 66% | 71% | 37% | 77% | 69% |
| | Min | -37% | -47% | -55% | -33% | -39% | -41% | -48% |
| 1975-2010 | Promedio | 8% | 5% | 10% | 3% | 4% | 8% | 14% |
| | Desvío | 34% | 26% | 32% | 21% | 15% | 30% | 35% |
| | Max | 175% | 117% | 162% | 71% | 56% | 92% | 169% |
| | Min | -48% | -49% | -55% | -33% | -39% | -41% | -56% |

(*) Promedio: tasa de crecimiento anual (trimestre contra igual trimestre de año anterior) promedio para del periodo. Desvío: desvío estándar de la tasa de crecimiento anual. Max y Min: máximo y mínimo valor de la tasa de crecimiento.

7 RESULTADOS

En el presente capítulo se exponen los resultados obtenidos en base a la metodología y la estrategia empírica desarrollada. Las variables a utilizar son las descritas en el capítulo anterior, productividad agrícola valorada (prodvag), productividad pecuaria valorada (prodvpec) y el precio de la tierra (ptierra). Estas variables se toman en logaritmos, para facilitar la interpretación de los resultados.

7.1. Análisis del orden de integración de las series

Como se mencionó en el apartado metodológico es necesario determinar el orden de integración de las series para el posterior análisis de cointegración. De la inspección gráfica de las series presentadas, se puede sugerir que estas no son estacionarias. De todas formas, la presencia de raíces unitarias en el proceso generador de datos debe ser puesta a prueba formalmente mediante el test ADF.

Como se expuso anteriormente, el test de ADF plantea tres posibles especificaciones para el estudio de la estacionariedad de la series.

$$\text{Modelo 1: } \Delta y_t = \mu + \beta.t + \gamma.y_{t-1} + \sum_{k=1}^k \delta_i \Delta y_{t-k} + \varepsilon_t$$

$$\text{Modelo 2: } \Delta y_t = \mu + \gamma.y_{t-1} + \sum_{k=1}^k \delta_i \Delta y_{t-k} + \varepsilon_t$$

Modelo 3:
$$\Delta y_t = \gamma \cdot y_{t-1} + \sum_{k=1}^k \delta_k \Delta y_{t-k} + \varepsilon_t$$

A continuación se describe el procedimiento seguido para realizar los contrastes de raíz unitaria.

En primera instancia, se realizó el test partiendo de una especificación de la serie con constante y tendencia determinística (modelo 1), no rechazando la hipótesis nula de existencia de una raíz unitaria ($\gamma=0$) en ninguna de las tres series. Dado este resultado, se contrasta la hipótesis de tendencia determinística ($\beta=0$) en las tres series, no rechazando en ningún caso. Seguidamente se contrasta la existencia de raíz unitaria en el modelo con constante y sin tendencia determinística (modelo 2), no rechazando la hipótesis para las series. En este caso se realiza la prueba de significación sobre la constante ($\alpha=0$), no rechazando en ningún caso. Finalmente se reespecifica el modelo, sin constante ni tendencia (modelo 3), donde se vuelve a realizar el contraste de raíz unitaria, concluyendo que no es posible rechazar la presencia de raíz unitaria en las series, como sugiere la inspección gráfica.

Análogamente se repite el procedimiento para la primera diferencia de las series, concluyendo que se rechaza la presencia de raíz unitaria en las series diferenciadas.

Cuadro 5 Test de ADF series en niveles y diferenciadas

| Resultados del test ADF | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------|-----------------|----------------|------------|----------|-----------------|--------------|------------|----------|-----------------|-------------|
| Modelo 1 | | | | | Modelo 2 | | | | Modelo 3 | | |
| Serie | Rezagos* | Estadístico ADF | τ_{β} | Conclusión | Rezagos* | Estadístico ADF | τ_{μ} | Conclusión | Rezagos* | Estadístico ADF | Conclusión |
| En nivel | | | | | | | | | | | |
| LPT | 6 | -2,19 | 2,16 | Reestimar | 6 | -0,61 | 0,81 | Reestimar | 6 | 1,58 | Tiene RU |
| IPVPEC | 9 | -3,10 | 2,89 | Reestimar | 4 | -0,61 | 0,80 | Reestimar | 4 | 1,57 | Tiene RU |
| IPVAGR | 3 | -3,58 | 3,59 | Reestimar | 4 | -0,66 | 0,77 | Reestimar | 4 | 1,14 | Tiene RU |
| En diferencia | | | | | | | | | | | |
| DPT | 5 | -5,04 | 0,46 | Reestimar | 5 | -5,03 | 1,67 | Reestimar | 5 | -4,72** | No tiene RU |
| DIPVPEC | 5 | -5,74 | 0,23 | Reestimar | 5 | -5,77 | 1,86 | Reestimar | 8 | -3,21** | No tiene RU |
| DIPVAGR | 6 | -6,16 | 0,82 | Reestimar | 3 | -6,12 | 1,18 | Reestimar | 3 | -6,00** | No tiene RU |

τ_{β} :estadístico de significación de β (coeficiente asociado a la tendencia determinística)

τ_{μ} : estadístico de significación de μ (término constante)

(*) la selección de rezagos se realiza mediante el Criterio de Akaike (AIC)

(**) se rechaza hipótesis nula con significación de 1%

Por lo tanto, del contraste ADF se concluye que todas las series presentan una raíz unitaria, por lo que su evolución parece no converger a una media y los *shocks* que reciben afectan su trayectoria de forma permanente.

7.2. Test de Cointegración

Previamente a la realización del test de Cointegración de Johansen debe definirse la especificación del VAR en cuanto a las variables utilizadas, regresores determinísticos y número de rezagos del modelo.

El vector de variables endógenas quedó definido como:

$$y_t = [lptierra, lprodvpec, lprodvag]$$

Se consideran además como regresores determinísticos tres variables *dummies* estacionales centradas (ortogonalizadas), debido a la presencia

de estacionalidad en la variable *prodvpec*. Además se incluyeron intervenciones (*outliers*) asociados a diversos acontecimientos, como se detalla en la siguiente tabla.

Cuadro 6 Cuadro de outliers

| Fecha | Variable | Tipo | Desvíos estándar (*) |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|
| 1976.3 | lptierra | Aditivo s/nivel | >2,5 |
| 1979.1 | lprodvpec | Aditivo s/nivel | >2 |
| 1979.2 | lprodvpec | Aditivo s/nivel | >3 |
| 1982.3 | lptierra | Aditivo s/nivel | >2,5 |
| 1986.3 | lprodvag | Aditivo s/nivel | >2 |
| 1995.3 | lprodvag | Aditivo s/nivel | >2 |
| 1991.1 | lptierra | Aditivo s/nivel | >2 |
| 2001.2 | lprodvpec | Aditivo s/nivel | >3 |
| 2002.3 | lprodvag | Aditivo s/nivel | >2 |
| 2004.1 | lprodvpec | Aditivo s/nivel | >2 |
| 2008.4 | lprodvag | Aditivo s/nivel | >3 |

(*) Cantidad de desvíos estándar del residuo de cada variable.

Como criterio general del análisis de detección de *outliers* se consideraron aquellas observaciones cuyo valor absoluto de su residuo es mayor a 2 desvíos estándar. Además de los *outliers* de tipo aditivo considerados se incluyó un cambio transitorio a partir del cuarto trimestre de 1982 para recoger los efectos de signo negativo de la crisis económica sobre el precio de la tierra, en los trimestres sucesivos al quiebre de la “tablita”.

Para la selección del número de rezagos del VAR se siguió el criterio de mínimo valor del estadístico de Akaike (AIC), siempre que el modelo cumpliera con las propiedades deseables de no autocorrelación y normalidad conjunta en los residuos. Para las pruebas de autocorrelación serial de los residuos se utilizó el test de Multiplicador de Lagrange (LM),

donde se somete a prueba la hipótesis nula de no autocorrelación entre los residuos de distinto orden. En tanto, para la prueba de normalidad conjunta se aplicó el test Jarque-Bera (JB), donde la hipótesis nula es la distribución normal del conjunto de los residuos.

Cuadro 7 Selección de rezagos VAR

| Rezagos | AIC |
|---------|-------|
| 1 | -2,90 |
| 2 | -3,39 |
| 3 | -3,41 |
| 4 | -3,55 |
| 5 | -3,71 |
| 6 | -3,68 |

Cuadro 8 Autocorrelación y Normalidad del VAR

| Rezagos | Autocorrelación Test LM | | | Normalidad Test JB |
|---------|-------------------------|-----------|-----------|--------------------|
| | Error t-1 | Error t-2 | Error t-3 | |
| 1 | 0,0000* | 0,0696 | 0,5259 | 0,0119** |
| 2 | 0,2214 | 0,0665 | 0,2352 | 0,0700 |
| 3 | 0,1893 | 0,2862 | 0,0007* | 0,2268 |
| 4 | 0,3896 | 0,5201 | 0,0749 | 0,2230 |
| 5 | 0,1208 | 0,2124 | 0,3673 | 0,0887 |
| 6 | 0,0740 | 0,1982 | 0,2670 | 0,0015* |

(*) (**): Se rechaza hipótesis nula al 1% y 5% respectivamente.

De acuerdo al criterio AIC y los test de autocorrelación y normalidad, se seleccionó una especificación con cuatro rezagos. Cabe mencionar que la especificación de cinco rezagos mantiene un menor AIC, pero se descarta por ser menos parsimoniosa.

Siguiendo por tanto la especificación de cuatro rezagos se procedió a realizar el test de Johansen.¹⁶

Cuadro 9 Test de Johansen

| Test de Johansen | | | | | |
|---------------------------------|----|----|--------|--------|------------|
| Especificación | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <i>Tendencia Determinística</i> | No | No | Lineal | Lineal | Cuadrática |
| <i>Constante en EC</i> | No | Si | Si | Si | Si |
| <i>Constante en VAR</i> | No | No | Si | Si | Si |
| Criterios | | | | | |
| <i>Traza</i> | 2 | 1 | 1 | 0 | 3 |
| <i>Max Valor Propio</i> | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Test de Johansen-Especificación 3 | | | | |
|---------------------------------------|--------|---------|------------------|---------|
| Número de Relaciones de Cointegración | Traza | | Max Valor Propio | |
| | Valor | P value | Valor | P value |
| 0 | 33,229 | 0,0194* | 19,618 | 0,080 |
| 1 | 13,611 | 0,094 | 13,580 | 0,064 |
| 2 | 0,0308 | 0,861 | 0,0308 | 0,861 |

(*): Se rechaza hipótesis nula al 5% de confianza

De acuerdo al criterio estadístico de la traza, el vector de variables consideradas presenta una relación de cointegración para una especificación con constante en las ecuaciones de largo y corto plazo.

7.3. Modelo VECM

Se procedió a la estimación de un modelo VECM, considerando el vector de variables *lptierra*, *lprodpec* y *lprodvag*, *dummies* estacionales trimestrales y los *outliers* antes mencionados. La especificación

¹⁶ El test de Johansen se realizó en base al modelo VAR descrito sin incluir *dummies* estacionales ni datos atípicos.

corresponde a un modelo de cuatro rezagos y la inclusión de una constante en la ecuación de largo y corto plazo.

7.3.1. Modelo sin restringir

Se presenta a continuación la estimación de la ecuación de largo plazo del modelo sin restringir y los coeficientes de ajuste asociados al modelo:

$$lptierra = 0,08 + 0,25.lprodvpec + 0,99.lprodvag \quad (10)$$

(0,24) (0,31)

(*) Desvío estándar entre paréntesis.

| Coeficientes Alfa | | |
|-------------------|-----------|----------|
| lptierra | lprodvpec | lprodvag |
| -0,147 | 0,008 | 0,067 |
| (0,054) | (0,050) | (0,024) |

De modo de corroborar la validez del modelo se realizaron los test de normalidad y autocorrelación.

Cuadro 10 Test de normalidad y autocorrelación de los residuos-modelo irrestricto

| | JB | P value | Autocorrelación Test LM | | |
|------------------|-------|---------|-------------------------|---------|---------|
| | | | Lag | LM-Stat | P value |
| <i>lptierra</i> | 2,09 | 0,35 | 1 | 10,55 | 0,31 |
| <i>lprodvpec</i> | 5,17 | 0,08 | 2 | 11,85 | 0,22 |
| <i>lprodvag</i> | 5,81 | 0,05 | 3 | 11,85 | 0,22 |
| | | | 4 | 16,47 | 0,06 |
| <i>Conjunta</i> | 13,06 | 0,04 | 5 | 11,12 | 0,27 |

Los resultados de los test indican que las ecuaciones consideradas individualmente presentan residuos normales, aunque no en forma

conjunta. Si bien este resultado no es deseable, se evalúa posteriormente la validez del modelo considerando las restricciones a realizar sobre los parámetros. A su vez se cumple la no autocorrelación de los residuos.

7.3.2. Contrastes de exclusión y exogeneidad

Luego de estimado el modelo VECM irrestricto se realizan los contrastes de nulidad sobre los parámetros del vector de cointegración (β) y sobre los coeficientes de ajuste (α). La exclusión de alguna de las variables del vector de cointegración implica que la misma no afecta la determinación del equilibrio en el largo plazo. Por otra parte, se investigó la exogeneidad débil de las variables bajo análisis, testeando la hipótesis nula que los α_i son igual a cero, lo que implica que la variable débilmente exógena no reacciona frente a los desequilibrios en la relación de largo plazo.

En primer lugar se realizaron los contrastes de exclusión sobre los coeficientes de ajuste (α_i). Posteriormente, se realizaron los contrastes sobre los coeficientes de la ecuación de largo plazo (β_i), dadas las restricciones que resultaron significativas sobre los coeficientes de ajuste.

Cuadro 11 Test de restricción de los coeficientes de ajuste

| Test restricción Coeficientes Alfa | |
|---|-------|
| H0) $\alpha_2 l_{prod\vepec}=0$ | |
| Chi ² | 0,019 |
| P value | 0,891 |
| H0) $\alpha_3 l_{prod\veag}=0$ | |
| Chi ² | 3,235 |
| P value | 0,072 |
| H0) $\alpha_2 l_{prod\vepec}= \alpha_3 l_{prod\veag}=0$ | |
| Chi ² | 4,558 |
| P value | 0,102 |

A priori puede plantearse la hipótesis de que no es factible que desvíos en la trayectoria del precio de la tierra en Uruguay afecten la evolución de las productividades valoradas sectoriales. Particularmente, el componente precio incorporado en las productividades valoradas se determina internacionalmente, siendo Uruguay un tomador de precios, lo que debilita la transmisión desde costos de los factores productivos a precios de los *commodities*. La hipótesis parece confirmarse con los test estadísticos realizados sobre los coeficientes α_i . Considerando las pruebas de nulidad sobre los parámetros α_i no se rechaza la hipótesis nula de exogeneidad débil para las variables $l_{prod\veag}$ y $l_{prod\vepec}$.

Cuadro 12 Test de restricción de los coeficientes de ajuste y de largo plazo

| Test restricción Coeficientes Alfa y Beta | |
|--|--------|
| H0) $\alpha_2 l_{prod\vepec}= \alpha_3 l_{prod\veag}=\beta_2 l_{prod\vepec}=0$ | |
| Chi ² | 11,627 |
| P value | 0,009* |
| H0) $\alpha_2 l_{prod\vepec}= \alpha_3 l_{prod\veag}=\beta_3 l_{prod\veag}=0$ | |
| Chi ² | 7,862 |
| P value | 0,049* |

(*): Se rechaza hipótesis nula al 5% de confianza

Dadas las restricciones sobre los α_i , se llevaron a cabo las pruebas de exclusión sobre los coeficientes β_i , resultando ambos significativos. La interpretación económica de estos resultados indica que tanto la productividad valorada pecuaria como agrícola resultan relevantes en el largo plazo para la determinación del precio de la tierra.

7.3.3. Modelo restringido

Considerando las pruebas de nulidad y exclusión se procedió a estimar el modelo restringiendo los coeficientes α asociados a las ecuaciones de las productividades valoradas del sector pecuario y agrícola. El resultado de la estimación del mismo se muestra a continuación:

$$lptierra = 0,54 + 0,79.lprodpec + 0,51.lprodvag \quad (11)$$

(0,22) (0,29)

(*) Desvío estándar entre paréntesis.

| Coeficientes Alfa | | |
|-------------------|----------|----------|
| lptierra | lprodpec | lprodvag |
| -0,243 | 0,000 | 0,000 |
| (0,061) | (0,000) | (0,000) |

Al igual que para el caso del modelo sin restringir es necesaria la validación del modelo restringido, para la cual se contrasta la normalidad y autocorrelación de los residuos.

Cuadro 13 Test de normalidad y autocorrelación de los residuos - modelo restringido

| | JB | P value | Autocorrelación Test LM | | |
|------------------|-----------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|
| <i>lptierra</i> | 2,05 | 0,36 | Lag | <i>LM-Stat</i> | <i>P value</i> |
| <i>lprodypec</i> | 3,54 | 0,17 | 1 | 12,30 | 0,20 |
| <i>lprodvag</i> | 5,18 | 0,08 | 2 | 13,56 | 0,14 |
| | | | 3 | 12,86 | 0,17 |
| | | | 4 | 14,80 | 0,10 |
| <i>Conjunta</i> | 10,77 | 0,10 | 5 | 15,81 | 0,07 |

Las pruebas realizadas sobre los residuos del modelo restringido indican que para los residuos de cada una de las ecuaciones y del modelo en su conjunto no se rechaza la hipótesis nula de normalidad. Por otra parte, el resultado del test LM evidencia la no autocorrelación de los residuos. Considerando ambos contrastes se concluye que los residuos del modelo restringido se encuentran bien comportados.

7.3.3.1. Interpretación de los coeficientes de largo plazo

Analizando los resultados del modelo restringido se puede afirmar que los coeficientes del vector de cointegración del modelo fueron significativos al 5%. Los coeficientes del vector de cointegración estimado pueden interpretarse como elasticidades de largo plazo del precio de la tierra con respecto a sus determinantes, dado que todas las variables se encuentran expresadas en logaritmo. Así, dados los signos de los coeficientes β_i estimados, se puede afirmar que tanto la variable de productividad valorada pecuaria como agrícola tienen un efecto directo positivo sobre el precio de la tierra. A su vez, dadas las magnitudes de las elasticidades, el

precio de la tierra es más sensible a movimientos en los precios y rendimientos físicos del sector pecuario, lo que se encuentra en línea con la mayor importancia histórica del sector en cuanto a la utilización de tierras y niveles agregados de producción. Por otra parte el resultado es consistente con Sader y Lorenzo y Lanzilotta que estiman una elasticidad del precio de la tierra respecto al novillo y el valor bruto de la producción pecuaria de 0,85 y 1,3 respectivamente.

7.3.3.2. Interpretación del coeficiente de ajuste

El coeficiente α estimado para el precio de la tierra, mide la velocidad de ajuste de la variable ante un desequilibrio de corto plazo. Como se aprecia en los resultados de las estimaciones expuestas para el modelo restringido, ante la ocurrencia de un *shock* que produce un desvío del equilibrio, en el trimestre siguiente $lptierra$ se ajusta corrigiendo un 24% del desequilibrio de la relación de largo plazo. Considerando los *half life indicators*, los cuales indican cuantos trimestres transcurren hasta la corrección del 50% del desequilibrio, se puede concluir que el precio de la tierra ajusta la mitad de los desvíos del equilibrio en aproximadamente tres trimestres.

7.3.3.3. Desvío del equilibrio

El desvío del equilibrio (término de corrección de error del modelo VECM estimado), surge de la diferencia entre el precio de la tierra observado y estimado, a partir de sus fundamentos incluidos en la ecuación de cointegración.

Considerando que el precio de la tierra y sus fundamentos mantienen una relación de cointegración, el desvío del equilibrio es un proceso estacionario, con media cero.

Gráfico 10 Evolución del precio de la tierra observado y de largo plazo (en logaritmos)

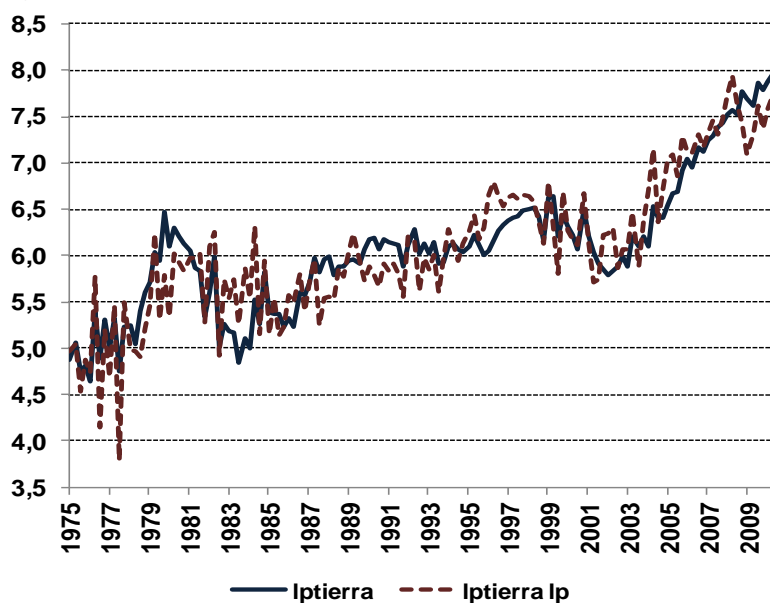
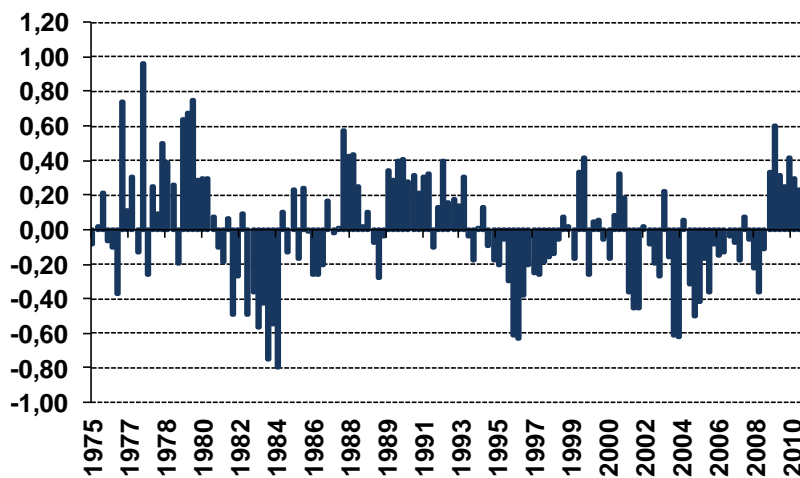


Gráfico 11 Desvío del equilibrio de largo plazo del precio de la tierra



Del análisis del desvío del equilibrio¹⁷ se destaca la presencia de periodos bien diferenciados. Este hecho podría asociarse a la presencia de ciclos en el precio de la tierra, donde ciertas condiciones económicas (fundamentos de largo plazo y condiciones macroeconómicas) determinan desajustes prolongados positivos o negativos. En este sentido Lanzilotta y Lorenzo (2009), a partir de un análisis univariante del precio de la tierra, señalan la presencia de dos estructuras cíclicas en el precio de la tierra de corto y mediano plazo, con una duración de 2,5 y 9 años respectivamente.

Siguiendo esta línea, el modelo estudiado en la presente investigación sugiere que en el periodo 1975-1981 se registraron grandes desajustes, con variaciones por encima del equilibrio, en un periodo marcado por el

¹⁷ El precio de equilibrio se realizó en base a los determinantes observados, sin realizar tratamiento de filtrado sobre las series.

incremento de los precios en dólares de los activos inmobiliarios, con un régimen cambiario de fijación preanunciada. Por otra parte se registraron, fuertes incrementos en el precio de los *commodities*, fundamentalmente a partir de 1978. El segundo periodo que se destaca es entre los años 1982 y 1985, donde el precio de la tierra corrigió el desalineamiento de los años previos e inclusive se mantuvo por debajo de su valor de equilibrio.

Posteriormente, en el periodo 1987-1993 el precio se mantuvo generalmente por encima de su valor de equilibrio. Esta etapa se corresponde con la ocurrencia de cambios importantes en el sector pecuario como la mejora en la condición sanitaria del país, el acceso a nuevos mercados, aumentos en la productividad y las políticas públicas tendientes a la liberalización del sector. A estos factores se agrega la mejora generalizada en el precio de los *commodities* en la primera mitad de la década del 90.

A partir del año 2002 y hasta el 2008, el precio se ubicó por debajo de su valor de equilibrio. En este periodo se destaca por un lado la duración y persistencia del desalineamiento y por otro los diferentes acontecimientos sectoriales y económicos ocurridos. Al comienzo del periodo el sector agropecuario tuvo un desempeño negativo, afectado por problemas climáticos y sanitarios, dificultades comerciales de acceso a los mercados y deterioro de la rentabilidad, por problemas de competitividad. Estos

hechos determinaron un fuerte descenso del precio de la tierra hasta el año 2004, a partir del cual el sector comienza un proceso de recuperación y crecimiento bien diferenciado de los años previos. A pesar del aumento de la actividad agropecuaria a partir del 2003, el precio de la tierra mantuvo un desalineamiento negativo, aunque con desvíos gradualmente menores hacia 2008.

Finalmente, en los años 2009 y 2010, si bien no constituye un periodo en sí mismo por su corta duración, el precio de la tierra se mantuvo por encima de su precio de equilibrio.

7.4. Análisis de evolución de la incidencia de la agricultura

De acuerdo a los objetivos del presente trabajo y de modo de profundizar en el estudio de la dinámica entre el precio de la tierra y sus fundamentos, se realizó un análisis de la incidencia de los coeficientes de la ecuación de largo plazo del precio de la tierra entre los años 2003 y 2010. La elección del periodo responde a los cambios registrados en el sector agropecuario, donde se destaca la fuerte expansión de la agricultura, tanto a nivel de producción como de utilización de tierras como se analizó en el capítulo 2.

La metodología utilizada para el análisis consistió en la estimación del modelo VECM restringido, presentado en el apartado anterior, para una muestra de datos móvil incremental. La estimación inicial se realizó para el periodo 1974.1 a 2003.1. Luego se reestimó el modelo recursivamente, adicionando en cada caso a la muestra inicial un trimestre por estimación, desde 2003.1 hasta 2010.4, lo que constituyen 32 estimaciones del modelo.

De esta forma, se obtuvo una matriz con los coeficientes beta de largo plazo estimados para cada uno de los modelos¹⁸:

$$\beta_{prodvpec} = \begin{matrix} \beta_{prodvpe_{0031}} & \beta_{prodvpe_{0032}} & \dots & \beta_{prodvpe_{0104}} \\ \beta_{prodvag} & \beta_{prodvag_{0031}} & \beta_{prodvag_{0032}} & \dots & \beta_{prodvag_{0104}} \end{matrix}$$

Se presenta a continuación el resultado del modelo inicial¹⁹, correspondiente al periodo 1974.1 a 2003.1

$$lptierra = 0,94 + 0,79.lprodvpec + 0,20.lprodvag \quad (12)$$

(0,18) (0,24)

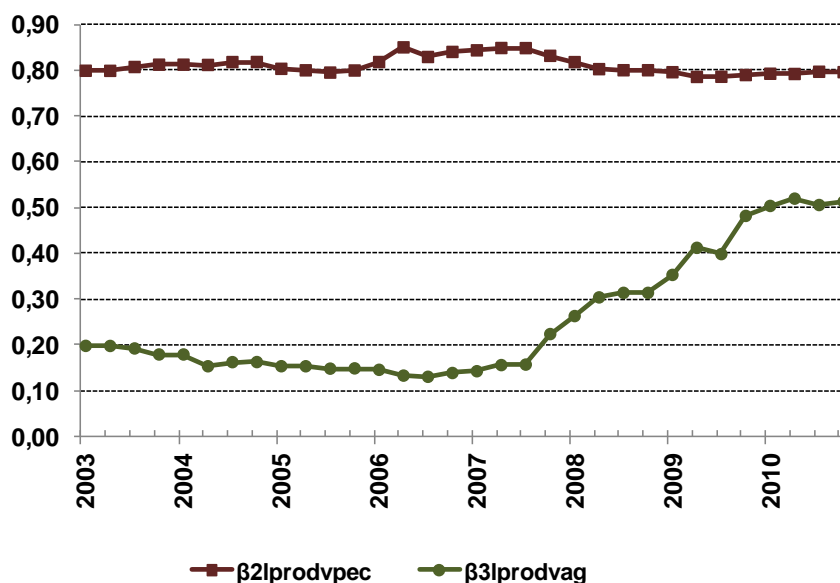
Los resultados de la estimación se muestran sensiblemente distintos al modelo restringido para el periodo 1974-2010, presentado en la ecuación

¹⁸ En la estimación se realizó el mismo tratamiento que en el modelo VECM para toda la muestra, en cuanto a cantidad de rezagos e inclusión de atípicos y restricciones, pero no se realizó un tratamiento riguroso de la validez de los modelos, ya que se trata de estimaciones auxiliares para realizar el análisis de incidencia.

¹⁹ El coeficiente asociado a *lprodvag* no resulta significativo en el modelo inicial.

número 10. Por un lado el coeficiente asociado al sector pecuario obtenido para toda la muestra (0,79) es aproximadamente igual al del subperíodo 1974-2003. En cuanto al sector agrícola, presenta un cambio, importante pasando de 0,20 a 0,51 para todo el periodo. La primer lectura de estos resultados sugiere que la agricultura aumentó su incidencia sobre la determinación del precio de la tierra en los últimos años considerados. De todos modos, para hacer un análisis más exhaustivo de la evolución de los coeficientes se analizan a continuación las estimaciones de los β_i para el periodo 2003.1 a 2010.4.

Gráfico 12 Evolución de los coeficientes de la ecuación de largo plazo



Como se observa en el gráfico 12 existen comportamientos bien diferentes entre ambas elasticidades sectoriales de largo plazo. Por un lado, la productividad valorada pecuaria se mantuvo en un entorno de

entre 0,8 y 0,9 en el periodo 2003-2010 mostrando leves variaciones, lo que indica que existe estabilidad en la incidencia del sector pecuario sobre el precio de la tierra. Este resultado sugiere que dicho coeficiente fue poco volátil en cuanto a su evolución y se mantuvo por encima del correspondiente al sector agrícola en todo momento. En cuanto a la productividad agrícola valorada, la elasticidad presentó cierta estabilidad entre los años 2003-2006. Posteriormente, hacia fines del 2006 registra un fuerte y sostenido crecimiento, ubicándose en 0,51 al final del periodo. Esta evolución de las elasticidades de largo plazo se encuentra en línea y puede interpretarse como el resultado de los profundos cambios ocurridos en el sector agropecuario uruguayo, particularmente el fuerte impulso que tomó la agricultura de secano en la última década.

En suma, puede concluirse que a la importancia histórica que ha tenido el sector pecuario en cuanto a la formación de precios de la tierra se suma un importante impulso dado por la agricultura.

7.5. Comparación de resultados con antecedentes nacionales

En este apartado se exponen los principales puntos en común, así como las diferencias respecto a los antecedentes nacionales directamente vinculados con la presente investigación.

Al igual que en el trabajo de Lorenzo y Lanzilotta, en el presente se considera una variable que agrega la evolución de producción y precios del sector pecuario como factores explicativos del precio de la tierra. En el modelo presentado, se estimó como determinante la productividad valorada del sector pecuario cárnico, estimándose una elasticidad de 0,79. Por su parte Lorenzo y Lanzilotta estiman una elasticidad de 1,3 del precio de la tierra respecto al Valor Bruto de Producción (VBP) pecuario. Si bien el modelo VECM utilizado en cada caso es distinto y por tanto no es directa la comparación, podemos decir que ambos coeficientes mantienen el mismo signo y no difieren considerablemente. Una posible explicación, además de las diferencias en la modelización, puede deberse al hecho que en Lorenzo y Lanzilotta se incorpore en la variable de VBP pecuario parte de los efectos que tiene la agricultura sobre el precio de la tierra. En esta línea, Sader incluye únicamente los precios del sector pecuario, estimando una elasticidad del precio de la tierra respecto a estos de 0,85.

En contraste con ambos trabajos, no se incluyó en el modelo estimado una segunda variable relacionada a la rentabilidad del sector agropecuario como el tipo de cambio real o la inflación en dólares. Como se comentó en la sección de estrategia empírica (Capítulo 6), la inclusión de este tipo de variables fue descartada debido a problemas de estabilidad en la estimación de los modelos.

La principal diferencia respecto a los trabajos previos como se comentó, la constituye la incorporación de una variable que incluye los efectos que tienen los precios y rendimientos físicos de los principales cultivos de la agricultura sobre el precio de la tierra en Uruguay. Dada la relevancia que ha tomado la actividad de la agricultura en la última década parece importante considerar los mencionados efectos. De hecho los resultados presentados del trabajo indican no solo que la productividad valorada agrícola tiene una influencia positiva sobre el precio de la tierra, sino que también esta influencia ha ido creciendo a lo largo de los últimos años considerados, al tiempo que la agricultura fue ganando mayor participación en el VBP agropecuario y en la ocupación de tierras. La estimación de la elasticidad del precio de la tierra con respecto a la productividad valorada de la agricultura fue de 0,51 para todo el período considerado, pero si volvemos sobre el análisis de incidencia realizado en el apartado anterior vemos que en el período 2003-2010 la elasticidad pasa de 0,20 a 0,51.

Esta diferencia señalada con respecto a los trabajos anteriores que explican el precio de la tierra en Uruguay, se constituye en el principal aporte de la presente investigación.

8 CONCLUSIONES

En función del objetivo planteado en el trabajo, se desarrolló un modelo econométrico VECM para estudiar la evolución del precio de la tierra en Uruguay a través de una selección de sus determinantes, realizada en base a su importancia relativa y a las limitantes que enfrentó la investigación. Se analizó, utilizando como herramienta el mencionado modelo, el efecto que ha tenido el sector agropecuario en la evolución del precio de la tierra, con particular énfasis en los cambios ocurridos en la estructura productiva del mismo, donde la agricultura ha tomado un fuerte impulso en la última década del período analizado.

Dentro de los resultados encontrados, se comprobó la existencia de una relación de cointegración entre el precio de la tierra y las productividades valoradas del sector pecuario y la agricultura. A partir de los resultados de la estimación del modelo VECM para el periodo 1974-2010, la elasticidad de largo plazo del precio de la tierra frente a la productividad valorada del sector pecuario (0,79) resultó mayor que la correspondiente a la de la agricultura (0,51). Este resultado se encuentra en línea con la mayor importancia histórica del sector pecuario en cuanto a la utilización de tierras y producción. Sin embargo, a partir del análisis de la evolución de la incidencia de la agricultura desarrollado, se concluye que aumentó su incidencia en la determinación del precio de la tierra en el periodo 2003 - 2010.

Esta evolución se corresponde con los cambios ocurridos en el sector agropecuario, donde la agricultura aumentó su importancia en términos relativos durante la última década bajo análisis, registrando un fuerte aumento del área sembrada, una mejora en los niveles de productividad en la mayoría de los cultivos y un estímulo de precios producto de un contexto internacional favorable para las materias primas alimenticias.

Del análisis de los desalineamientos del equilibrio del precio de la tierra respecto a los fundamentos señalados, se destaca la presencia de periodos diferenciados. Este hecho podría asociarse a la presencia de ciclos en el precio de la tierra, donde ciertas condiciones económicas (fundamentos de largo plazo y condiciones macroeconómicas) determinan desajustes prolongados positivos o negativos. Para el periodo 2003-2008, a pesar del fuerte aumento de la actividad agropecuaria a partir del 2003, el precio de la tierra se mantuvo por debajo de su valor de equilibrio de largo plazo, aunque con desvíos gradualmente menores hacia 2008. Finalmente, en los años 2009 y 2010, el precio de la tierra se mantuvo por encima de su precio de equilibrio.

En cuanto a la corrección de los desequilibrios de la relación de largo plazo, se concluye que el precio de la tierra ajusta la mitad de los desvíos del equilibrio en aproximadamente tres trimestres, lo cual podría ser

razonable si se considera que los agentes intervinientes en el mercado de tierra toman decisiones de mediano plazo en un contexto de condiciones cambiantes de mercado y por tanto son relevantes las tendencias de los determinantes, frente a las condiciones puntuales de un periodo.

En suma, los resultados obtenidos apoyan la hipótesis convencional de que el precio de la tierra es determinado por factores inherentes al sector agropecuario. El presente trabajo profundiza en esta hipótesis diferenciando los subsectores pecuario cárnico y la agricultura, siendo la incorporación de esta última el principal aporte respecto a los antecedentes nacionales revisados.

No obstante, la referida valorización del precio de la tierra en la última década, también podría estar asociada a fenómenos macroeconómicos como la mayor liquidez a nivel global y sus efectos sobre el precio de los activos, en particular sobre los mercados de tierra, lo que no se analiza en la presente investigación. En esta línea se plantean como posibles desafíos para futuros trabajos la incorporación de otro tipo de variables que afecten la evolución del precio tierra, particularmente referidas a variables macroeconómicas ajenas al propio sector agropecuario, como podrían ser los efectos que tienen la inflación en dólares, la tasa de interés y el crédito, entre otros. Asimismo sería de interés investigar la influencia de subsectores como la lechería y la forestación que como se

mencionó quedaron fuera del análisis presentado. Finalmente una línea adicional sobre la cual sería interesante trabajar es conocer en qué medida el arbitraje en los precios de la tierra a nivel internacional puede tener incidencia en los aumentos registrados en el precio de la tierra, en particular estudiar la relación del precio de la tierra en Uruguay en comparación con otros países con tierras de uso agropecuario, como Argentina, Brasil y Nueva Zelanda, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

- Alston (1986), *An Analysis of Growth of US Farmland Prices, 1963-82*. American Journal of Agricultural Economics 68.
- Awokuse y Duke (2004), *The Causal Structure of Land Price Determinants*. University of Delaware.
- Bastourre, Carrera e Ibarlucia (2010), *Precios de los Commodities: Factores Estructurales, Mercados Financieros y Dinámica no Lineal*. Banco Central de la República Argentina.
- Burt (1986), *Econometric Modelling of the Capitalization Formula for Farmland Prices*. American Journal of Agricultural Economics 68.
- Capurro, Davies y Otonello (2006), *Los Precios Relativos y sus Fundamentos de Largo Plazo: un Análisis de la Influencia Regional desde un Enfoque de Tres Bienes*. Trabajo Monográfico, Licenciatura en Economía, Facultad de Ciencias Económicas y de Administración. Universidad de la República Uruguay.
- Castle y Hoch (1982), *Farm Real Estate Price Components*. American Journal of Agricultural Economics 64.
- Chavas y Thomas (1999), *A Dynamic Analysis of Land Prices*. American Journal of Agricultural Economics 81.
- Dhungana, Ward y Nartea (1999), *Determinants of Farmland Prices in a Dynamic Error Correction Form: A New Zealand Case*. Research Report 99/06, Farm and Horticultural Management Group, Lincoln University.
- Enders, W. (2004), *Applied Econometric Time Series*, Second Edition, John Wiley & Sons Inc.
- Engle, R. y Granger, C. (1987), "Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing", *Econometrica*, 55(2), 251-276.
- Engle, R., Hendry, D. y Richard, J. (1983), "Exogeneity", *Econometrica*, 51(2), 277-304.
- Falk y Lee (1998), *Fads Versus Fundamental in Farmland Prices*. American Journal of Agricultural Economics 80.
- Feldstein, M. (1980), *Inflation, Portfolio Choice, and the Prices of Land and Capital Stock*. American Journal of Agricultural Economics 62(5): 910-6.
- Johansen, Soren (2004), *Cointegration: an overview*. Department of Applied Mathematics and Statistics.

- Just y Miranowski (1993), *Understanding Farmland Price Changes*. American Journal of Agricultural Economics 75.
- Lanfranco y Sapriza (2010), *Incidencia del CONEAT y otros factores de calidad en el precio de la tierra*. Agrocienca Uruguay Volumen 14 2:89-102 – julio- diciembre 2010.
- Lorenzo y Lanzilotta (2009), *Precio de la tierra en Uruguay*. Documentos de Trabajo 02/09, Cinve.
- Melichar (1979), *Capital Gains versus Current Income in the Farming Sector*. American Journal of Agricultural Economics 61.
- Phipps (1984), *Land Prices and Farm-Based Returns*. American Journal of Agricultural Economics 66.
- Rodriguez, Rodriguez y Davila (2003), *La trimestralización de variables de flujo. Un estudio de simulación de los métodos con indicador de desagregación temporal*. Documento de Trabajo 2003-01, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Departamento de Métodos Cuantitativos en Economía y Gestión
- Sáder (2005), *El precio de la tierra de uso agropecuario*. OPYPA.
- Soto (2005), *El precio de mercado de la tierra desde la perspectiva económica*. Serie Desarrollo Productivo num 163, CEPAL.
- Tegene, A. and Kuchler, F. 1991. *A error correcting model of farmland prices*. Applied Economics 23: 1741-1747
- Tegene, A. and Kuchler, F. 1993, *Evidence on the existence of speculative bubbles in farmland prices*. Journal of Real Estate Finance and Economics 6: 223-236.
- Vassallo (2011), *Dinámica y Competencia Intrasectorial en el Agro. Uruguay 2000-2010*. Facultad de Agronomía. Universidad de la República del Uruguay.
- Villena y Marchetti (2002) *El Valor de los campos en Argentina*. Trabajo monográfico de la Universidad del CEMA.

ANEXO A

Ponderadores de la productividad agrícola en base al área sembrada

| Ponderadores de los cultivos | | | | | | | |
|------------------------------|-------|--------|------|------|-------|-------|-------|
| Año | Arroz | Cebada | Maiz | Soja | Sorgo | Trigo | Total |
| 1974 | 6% | 5% | 29% | 1% | 16% | 44% | 100% |
| 1975 | 6% | 4% | 20% | 2% | 8% | 60% | 100% |
| 1976 | 6% | 6% | 22% | 1% | 7% | 57% | 100% |
| 1977 | 6% | 4% | 17% | 1% | 12% | 59% | 100% |
| 1978 | 8% | 7% | 25% | 3% | 13% | 44% | 100% |
| 1979 | 12% | 10% | 23% | 9% | 8% | 38% | 100% |
| 1980 | 10% | 6% | 20% | 6% | 8% | 49% | 100% |
| 1981 | 11% | 6% | 25% | 6% | 13% | 39% | 100% |
| 1982 | 12% | 11% | 16% | 3% | 9% | 49% | 100% |
| 1983 | 14% | 5% | 20% | 2% | 11% | 48% | 100% |
| 1984 | 15% | 10% | 17% | 2% | 9% | 48% | 100% |
| 1985 | 15% | 12% | 18% | 3% | 13% | 40% | 100% |
| 1986 | 16% | 13% | 16% | 5% | 8% | 42% | 100% |
| 1987 | 17% | 11% | 20% | 7% | 6% | 40% | 100% |
| 1988 | 17% | 13% | 17% | 7% | 10% | 36% | 100% |
| 1989 | 18% | 16% | 15% | 10% | 7% | 33% | 100% |
| 1990 | 16% | 15% | 11% | 7% | 5% | 46% | 100% |
| 1991 | 21% | 13% | 14% | 4% | 6% | 43% | 100% |
| 1992 | 27% | 18% | 17% | 2% | 10% | 25% | 100% |
| 1993 | 26% | 24% | 13% | 2% | 8% | 28% | 100% |
| 1994 | 25% | 17% | 10% | 2% | 5% | 41% | 100% |
| 1995 | 29% | 14% | 9% | 2% | 9% | 37% | 100% |
| 1996 | 27% | 24% | 11% | 2% | 6% | 31% | 100% |
| 1997 | 24% | 22% | 9% | 1% | 6% | 38% | 100% |
| 1998 | 27% | 19% | 10% | 1% | 5% | 39% | 100% |
| 1999 | 36% | 13% | 10% | 2% | 5% | 34% | 100% |
| 2000 | 38% | 11% | 8% | 2% | 2% | 39% | 100% |
| 2001 | 32% | 19% | 13% | 3% | 7% | 27% | 100% |
| 2002 | 31% | 25% | 10% | 6% | 4% | 24% | 100% |
| 2003 | 29% | 20% | 7% | 15% | 3% | 26% | 100% |
| 2004 | 25% | 16% | 6% | 34% | 2% | 16% | 100% |
| 2005 | 21% | 16% | 7% | 32% | 2% | 21% | 100% |
| 2006 | 23% | 10% | 6% | 40% | 2% | 20% | 100% |
| 2007 | 16% | 13% | 6% | 39% | 5% | 21% | 100% |
| 2008 | 15% | 12% | 7% | 41% | 3% | 22% | 100% |
| 2009 | 11% | 9% | 6% | 39% | 5% | 32% | 100% |
| 2010 | 9% | 8% | 6% | 45% | 3% | 29% | 100% |

Gráficos adicionales

Gráfico X Productividad de todos los cultivos (Kg/Ha). Escala logarítmica, base 1974=100.

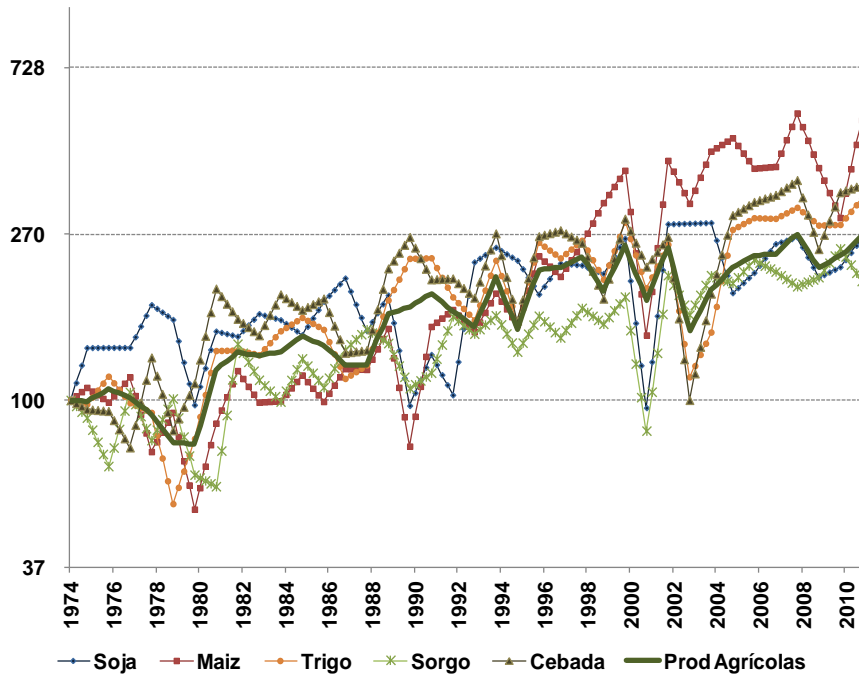
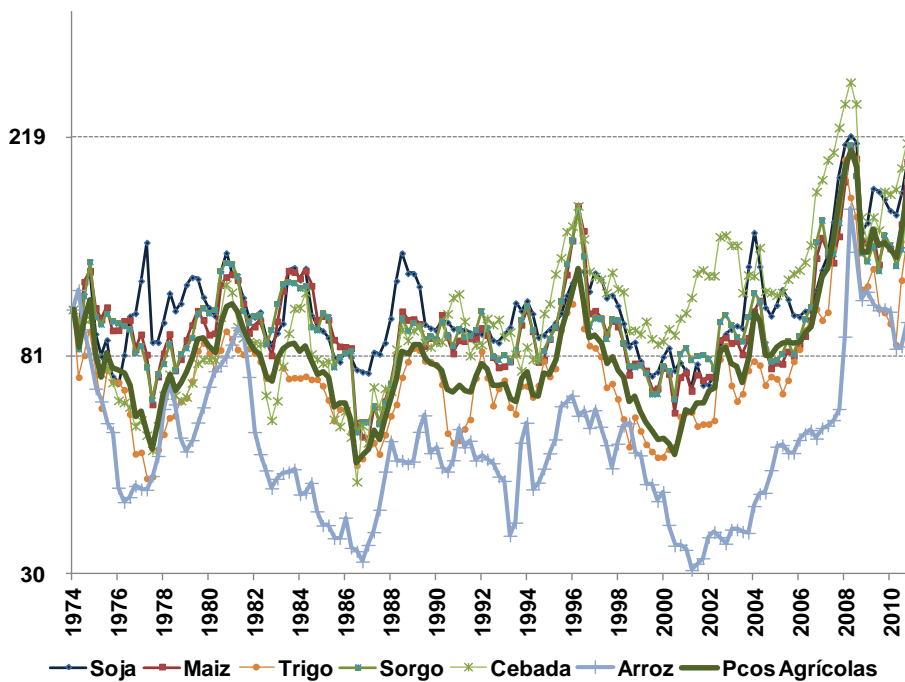


Gráfico X Precios de todos los cultivos (Dólares corrientes). Escala logarítmica, base 1974=100.



ANEXO B

Desestacionalización del peso medio bovino

Modelo univariante estimado por Demetra SARIMA (P,D,Q) (p,d,q)=
(1,0,0) (0,1,1)

Cuadro componente estacional peso medio bovino

| Trimestre | Componente estacional peso medio bovino (tons/cabeza) |
|-----------|---|
| 1 | 5,35 |
| 2 | 4,22 |
| 3 | -11,81 |
| 4 | 2,24 |

ANEXO C

Estimación modelo VECM no restringido

| Vector Error Correction Estimates | | | |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Date: 04/16/12 Time: 11:30 | | | |
| Sample (adjusted): 1975Q2 2010Q4 | | | |
| Included observations: 143 after adjustments | | | |
| Standard errors in () & t-statistics in [] | | | |
| Cointegrating Eq: | CointEq1 | | |
| LPTIERRA(-1) | 1.000000 | | |
| LPRODVPEC(-1) | -0.251877 (0.23944) [-1.05195] | | |
| LPRODVAG(-1) | -0.995882 (0.30775) [-3.23599] | | |
| C | 0.087443 | | |
| Error Correction: | D(LPTIERRA) | D(LPRODVPEC) | D(LPRODVAG) |
| CointEq1 | -0.146548 (0.05368) [-2.72997] | 0.008328 (0.04879) [0.17069] | 0.067474 (0.02336) [2.88884] |
| D(LPTIERRA(-1)) | -0.483470 (0.08747) [-5.52714] | 0.063301 (0.07951) [0.79619] | -0.048285 (0.03806) [-1.26869] |
| D(LPTIERRA(-2)) | 0.011887 (0.09370) [0.12685] | -0.048213 (0.08517) [-0.56608] | 0.024369 (0.04077) [0.59771] |
| D(LPTIERRA(-3)) | 0.206777 (0.09281) [2.22785] | -0.056917 (0.08436) [-0.67468] | 0.068145 (0.04038) [1.68744] |
| D(LPTIERRA(-4)) | 0.136461 | -0.236658 | 0.019468 |

| | | | |
|------------------|------------|------------|------------|
| | (0.08115) | (0.07376) | (0.03531) |
| | [1.68150] | [-3.20833] | [0.55133] |
| D(LPRODVPEC(-1)) | 0.149316 | -0.363881 | -0.021783 |
| | (0.07819) | (0.07107) | (0.03402) |
| | [1.90962] | [-5.12000] | [-0.64026] |
| D(LPRODVPEC(-2)) | 0.132465 | -0.306798 | -0.057219 |
| | (0.07835) | (0.07121) | (0.03409) |
| | [1.69071] | [-4.30818] | [-1.67850] |
| D(LPRODVPEC(-3)) | 0.270072 | -0.195026 | -0.008211 |
| | (0.08189) | (0.07443) | (0.03563) |
| | [3.29800] | [-2.62020] | [-0.23044] |
| D(LPRODVPEC(-4)) | 0.286348 | 0.183636 | 0.030231 |
| | (0.08317) | (0.07560) | (0.03619) |
| | [3.44278] | [2.42909] | [0.83536] |
| D(LPRODVAG(-1)) | -0.210578 | 0.155214 | 0.428714 |
| | (0.17257) | (0.15686) | (0.07509) |
| | [-1.22022] | [0.98953] | [5.70958] |
| D(LPRODVAG(-2)) | 0.077449 | -0.017993 | -0.125286 |
| | (0.19184) | (0.17437) | (0.08347) |
| | [0.40372] | [-0.10319] | [-1.50098] |
| D(LPRODVAG(-3)) | -0.137249 | 0.190041 | 0.177220 |
| | (0.18533) | (0.16845) | (0.08064) |
| | [-0.74057] | [1.12818] | [2.19776] |
| D(LPRODVAG(-4)) | -0.205234 | -0.045617 | -0.139314 |
| | (0.17516) | (0.15921) | (0.07621) |
| | [-1.17171] | [-0.28653] | [-1.82800] |
| C | 0.017961 | 0.036303 | 0.004784 |
| | (0.01618) | (0.01471) | (0.00704) |
| | [1.10986] | [2.46810] | [0.67947] |
| D(FE>=1976.3) | 0.538571 | -0.154296 | 0.041385 |
| | (0.17380) | (0.15797) | (0.07562) |
| | [3.09880] | [-0.97673] | [0.54727] |
| D(FE>=1979.1) | 0.368237 | 0.404522 | -0.004867 |
| | (0.18098) | (0.16450) | (0.07874) |
| | [2.03470] | [2.45916] | [-0.06180] |

| | | | |
|---------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| D(FE>=1979.2) | 0.287395 (0.18177) [1.58113] | 0.746503 (0.16521) [4.51847] | 0.086428 (0.07909) [1.09283] |
| D(FE>=1980.3) | 0.186196 (0.18932) [0.98351] | 0.554454 (0.17208) [3.22213] | 0.227608 (0.08237) [2.76315] |
| D(FE>=1982.3) | 0.510687 (0.17760) [2.87547] | 0.113840 (0.16143) [0.70521] | -0.038738 (0.07727) [-0.50130] |
| ITC | -0.470135 (0.12950) [-3.63025] | -0.347105 (0.11771) [-2.94881] | 0.086041 (0.05635) [1.52696] |
| D(FE>=1986.3) | -0.219289 (0.17323) [-1.26589] | 0.286432 (0.15745) [1.81916] | -0.149316 (0.07537) [-1.98104] |
| D(FE>=1995.3) | 0.046702 (0.17244) [0.27083] | -0.061752 (0.15674) [-0.39398] | 0.181809 (0.07503) [2.42314] |
| D(FE>=1999.1) | -0.343268 (0.17191) [-1.99681] | -0.233967 (0.15625) [-1.49737] | -0.041610 (0.07480) [-0.55630] |
| D(FE>=2001.2) | -0.033279 (0.17935) [-0.18555] | -0.840848 (0.16302) [-5.15802] | 0.010401 (0.07804) [0.13329] |
| D(FE>=2002.3) | -0.173164 (0.17775) [-0.97420] | -0.384469 (0.16156) [-2.37970] | 0.141997 (0.07734) [1.83603] |
| D(FE>=2004.1) | 0.002958 (0.17424) [0.01697] | 0.399565 (0.15837) [2.52297] | 0.131260 (0.07581) [1.73139] |
| D(FE>=2008.4) | -0.072617 (0.17348) [-0.41858] | -0.289220 (0.15768) [-1.83419] | -0.392879 (0.07548) [-5.20490] |
| D(Q1) | -0.010806 (0.03123) [-0.34607] | 0.072897 (0.02838) [2.56845] | -0.000100 (0.01359) [-0.00737] |

| | | | |
|---|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| D(Q2) | -0.003177 (0.03687) [-0.08618] | 0.128553 (0.03351) [3.83604] | -0.007874 (0.01604) [-0.49083] |
| D(Q3) | 0.069303 (0.03082) [2.24852] | 0.017637 (0.02801) [0.62956] | -0.022873 (0.01341) [-1.70562] |
| R-squared | 0.602690 | 0.718915 | 0.596123 |
| Adj. R-squared | 0.500726 | 0.646778 | 0.492474 |
| Sum sq. resids | 3.097383 | 2.558898 | 0.586375 |
| S.E. equation | 0.165561 | 0.150483 | 0.072036 |
| F-statistic | 5.910783 | 9.965987 | 5.751323 |
| Log likelihood | 71.10031 | 84.75546 | 190.1015 |
| Akaike AIC | -0.574830 | -0.765811 | -2.239182 |
| Schwarz SC | 0.046746 | -0.144235 | -1.617606 |
| Mean dependent | 0.020834 | 0.017684 | 0.011933 |
| S.D. dependent | 0.234309 | 0.253200 | 0.101116 |
| Determinant resid covariance (dof adj.) | | 3.07E-06 | |
| Determinant resid covariance | | 1.51E-06 | |
| Log likelihood | | 349.4240 | |
| Akaike information criterion | | -3.586349 | |
| Schwarz criterion | | -1.659464 | |

Estimación modelo VECM restringido

| | | | |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Vector Error Correction Estimates | | | |
| Date: 04/25/12 Time: 17:19 | | | |
| Sample (adjusted): 1975Q2 2010Q4 | | | |
| Included observations: 143 after adjustments | | | |
| Standard errors in () & t-statistics in [] | | | |
| Cointegration Restrictions: | | | |
| B(1,1)=1 | | | |
| A(2,1)=0, A(3,1)=0 | | | |
| Convergence achieved after 6 iterations. | | | |
| Restrictions identify all cointegrating vectors | | | |
| LR test for binding restrictions (rank = 1): | | | |
| Chi-square(2) | 4.557871 | | |
| Probability | 0.102393 | | |
| Cointegrating Eq: | CointEq1 | | |
| LPTIERRA(-1) | 1.000000 | | |
| LPRODVPEC(-1) | -0.795542 (0.22597) [-3.52053] | | |
| LPRODVAG(-1) | -0.512442 (0.29044) [-1.76435] | | |
| C | 0.540850 | | |
| Error Correction: | D(LPTIERRA) | D(LPRODVPEC) | D(LPRODVAG) |
| CointEq1 | -0.243093 (0.06104) [-3.98225] | 0.000000 (0.00000) [NA] | 0.000000 (0.00000) [NA] |
| D(LPTIERRA(-1)) | -0.426544 (0.08811) [-4.84098] | 0.040596 (0.08199) [0.49512] | -0.018382 (0.04060) [-0.45279] |
| D(LPTIERRA(-2)) | 0.039138 (0.09150) [0.42774] | -0.062289 (0.08514) [-0.73157] | 0.047926 (0.04216) [1.13682] |

| | | | |
|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| D(LPTIERRA(-3)) | 0.224098 (0.09037) [2.47978] | -0.066922 (0.08409) [-0.79580] | 0.086169 (0.04164) [2.06950] |
| D(LPTIERRA(-4)) | 0.144809 (0.07907) [1.83150] | -0.241613 (0.07357) [-3.28390] | 0.028537 (0.03643) [0.78335] |
| D(LPRODVPEC(-1)) | 0.029150 (0.08340) [0.34954] | -0.342066 (0.07760) [-4.40787] | -0.009645 (0.03842) [-0.25101] |
| D(LPRODVPEC(-2)) | 0.041539 (0.08012) [0.51844] | -0.290920 (0.07456) [-3.90190] | -0.046224 (0.03692) [-1.25213] |
| D(LPRODVPEC(-3)) | 0.203831 (0.07982) [2.55357] | -0.186767 (0.07428) [-2.51443] | 0.009336 (0.03678) [0.25386] |
| D(LPRODVPEC(-4)) | 0.247262 (0.07940) [3.11430] | 0.184998 (0.07388) [2.50399] | 0.050701 (0.03658) [1.38600] |
| D(LPRODVAG(-1)) | -0.213240 (0.16815) [-1.26819] | 0.153522 (0.15647) [0.98117] | 0.435253 (0.07747) [5.61821] |
| D(LPRODVAG(-2)) | 0.074378 (0.18639) [0.39905] | -0.009268 (0.17344) [-0.05344] | -0.148514 (0.08588) [-1.72938] |
| D(LPRODVAG(-3)) | -0.117779 (0.18033) [-0.65314] | 0.190383 (0.16780) [1.13455] | 0.164082 (0.08308) [1.97488] |
| D(LPRODVAG(-4)) | -0.232010 (0.17021) [-1.36311] | -0.027844 (0.15839) [-0.17580] | -0.173822 (0.07842) [-2.21651] |
| C | 0.021505 (0.01571) [1.36924] | 0.036173 (0.01462) [2.47507] | 0.002947 (0.00724) [0.40721] |
| D(FE>=1976.3) | 0.593849 (0.16838) | -0.157793 (0.15669) | 0.016958 (0.07758) |

| | | | |
|---------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | [3.52674] | [-1.00704] | [0.21858] |
| D(FE>=1979.1) | 0.393768 (0.17672) [2.22816] | 0.395912 (0.16445) [2.40749] | 0.004010 (0.08142) [0.04925] |
| D(FE>=1979.2) | 0.329620 (0.17802) [1.85163] | 0.733382 (0.16565) [4.42722] | 0.097885 (0.08202) [1.19344] |
| D(FE>=1980.3) | 0.202203 (0.18309) [1.10442] | 0.536881 (0.17037) [3.15126] | 0.268261 (0.08436) [3.18014] |
| D(FE>=1982.3) | 0.477862 (0.17346) [2.75484] | 0.120761 (0.16142) [0.74813] | -0.038194 (0.07992) [-0.47789] |
| ITC | -0.518726 (0.12779) [-4.05919] | -0.331877 (0.11892) [-2.79086] | 0.072485 (0.05888) [1.23109] |
| D(FE>=1986.3) | -0.215777 (0.16870) [-1.27903] | 0.289014 (0.15699) [1.84101] | -0.158950 (0.07773) [-2.04493] |
| D(FE>=1995.3) | 0.030215 (0.16823) [0.17961] | -0.055758 (0.15654) [-0.35618] | 0.174827 (0.07751) [2.25557] |
| D(FE>=1999.1) | -0.386686 (0.16747) [-2.30893] | -0.229003 (0.15584) [-1.46945] | -0.028814 (0.07716) [-0.37342] |
| D(FE>=2001.2) | -0.075121 (0.17478) [-0.42981] | -0.835878 (0.16264) [-5.13946] | 0.022197 (0.08053) [0.27564] |
| D(FE>=2002.3) | -0.177303 (0.17322) [-1.02357] | -0.380880 (0.16119) [-2.36294] | 0.134239 (0.07981) [1.68200] |
| D(FE>=2004.1) | -0.002556 (0.16968) [-0.01506] | 0.405336 (0.15790) [2.56708] | 0.118068 (0.07818) [1.51021] |
| D(FE>=2008.4) | -0.084172 | -0.286188 | -0.394405 |

| | | | |
|---|------------|------------|------------|
| | (0.16916) | (0.15742) | (0.07794) |
| | [-0.49757] | [-1.81804] | [-5.06030] |
| D(Q1) | -0.007068 | 0.072837 | -0.002261 |
| | (0.03039) | (0.02828) | (0.01400) |
| | [-0.23259] | [2.57589] | [-0.16149] |
| D(Q2) | -0.002105 | 0.129490 | -0.011245 |
| | (0.03585) | (0.03336) | (0.01652) |
| | [-0.05872] | [3.88140] | [-0.68078] |
| D(Q3) | 0.063946 | 0.019400 | -0.024610 |
| | (0.03012) | (0.02803) | (0.01388) |
| | [2.12273] | [0.69205] | [-1.77309] |
| R-squared | 0.622488 | 0.720062 | 0.569685 |
| Adj. R-squared | 0.525604 | 0.648220 | 0.459250 |
| Sum sq. resids | 2.943043 | 2.548456 | 0.624761 |
| S.E. equation | 0.161383 | 0.150176 | 0.074356 |
| F-statistic | 6.425103 | 10.02279 | 5.158561 |
| Log likelihood | 74.75493 | 85.04783 | 185.5678 |
| Akaike AIC | -0.625943 | -0.769900 | -2.175774 |
| Schwarz SC | -0.004367 | -0.148324 | -1.554198 |
| Mean dependent | 0.020834 | 0.017684 | 0.011933 |
| S.D. dependent | 0.234309 | 0.253200 | 0.101116 |
| Determinant resid covariance (dof adj.) | | 3.13E-06 | |
| Determinant resid covariance | | 1.54E-06 | |
| Log likelihood | | 347.1450 | |
| Akaike information criterion | | -3.554476 | |
| Schwarz criterion | | -1.627591 | |

Estimación modelo VECM inicial de análisis de incidencia

| | | | |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Vector Error Correction Estimates | | | |
| Date: 04/25/12 Time: 18:18 | | | |
| Sample (adjusted): 1975Q2 2003Q1 | | | |
| Included observations: 112 after adjustments | | | |
| Standard errors in () & t-statistics in [] | | | |
| Cointegration Restrictions: | | | |
| B(1,1)=1 | | | |
| A(2,1)=0, A(3,1)=0 | | | |
| Convergence achieved after 5 iterations. | | | |
| Restrictions identify all cointegrating vectors | | | |
| LR test for binding restrictions (rank = 1): | | | |
| Chi-square(2) | 5.572709 | | |
| Probability | 0.061646 | | |
| Cointegrating Eq: | CointEq1 | | |
| LPTIERRA(-1) | 1.000000 | | |
| LPRODVPEC(-1) | -0.798592 (0.18040) [-4.42675] | | |
| LPRODVAG(-1) | -0.197437 (0.24779) [-0.79678] | | |
| C | -0.939697 | | |
| Error Correction: | D(LPTIERRA) | D(LPRODVPEC) | D(LPRODVAG) |
| CointEq1 | -0.345173 (0.08491) [-4.06507] | 0.000000 (0.00000) [NA] | 0.000000 (0.00000) [NA] |
| D(LPTIERRA(-1)) | -0.351063 (0.10576) [-3.31943] | -0.017302 (0.09107) [-0.18999] | -0.043808 (0.04673) [-0.93747] |
| D(LPTIERRA(-2)) | 0.074745 (0.10733) [0.69643] | -0.163042 (0.09242) [-1.76418] | 0.030721 (0.04742) [0.64782] |

| | | | |
|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| D(LPTIERRA(-3)) | 0.228817 (0.10361) [2.20849] | -0.127408 (0.08922) [-1.42808] | 0.058900 (0.04578) [1.28662] |
| D(LPTIERRA(-4)) | 0.080476 (0.08932) [0.90102] | -0.298096 (0.07691) [-3.87589] | 0.008518 (0.03946) [0.21585] |
| D(LPRODVPEC(-1)) | 0.036538 (0.09779) [0.37365] | -0.298003 (0.08420) [-3.53903] | 0.009666 (0.04321) [0.22370] |
| D(LPRODVPEC(-2)) | -0.018831 (0.09136) [-0.20612] | -0.314610 (0.07867) [-3.99906] | -0.031182 (0.04037) [-0.77244] |
| D(LPRODVPEC(-3)) | 0.203113 (0.09238) [2.19870] | -0.188651 (0.07955) [-2.37156] | 0.004608 (0.04082) [0.11289] |
| D(LPRODVPEC(-4)) | 0.281058 (0.09173) [3.06402] | 0.180552 (0.07899) [2.28583] | 0.052018 (0.04053) [1.28343] |
| D(LPRODVAG(-1)) | -0.164660 (0.21764) [-0.75655] | -0.079138 (0.18741) [-0.42226] | 0.464518 (0.09617) [4.83036] |
| D(LPRODVAG(-2)) | 0.217976 (0.24659) [0.88397] | -0.149999 (0.21234) [-0.70642] | -0.126350 (0.10895) [-1.15966] |
| D(LPRODVAG(-3)) | -0.287682 (0.24544) [-1.17212] | 0.287142 (0.21135) [1.35864] | 0.143454 (0.10845) [1.32281] |
| D(LPRODVAG(-4)) | -0.028711 (0.22526) [-0.12746] | -0.041860 (0.19397) [-0.21580] | -0.227617 (0.09953) [-2.28688] |
| C | 0.012691 (0.01777) [0.71422] | 0.023026 (0.01530) [1.50491] | -0.004532 (0.00785) [-0.57727] |
| D(FE>=1976.3) | 0.506207 (0.17847) | -0.112109 (0.15368) | 0.024388 (0.07886) |

| | | | |
|---------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | [2.83630] | [-0.72947] | [0.30926] |
| D(FE>=1979.1) | 0.348715 (0.18744) [1.86044] | 0.336475 (0.16140) [2.08471] | 0.043081 (0.08282) [0.52019] |
| D(FE>=1979.2) | 0.271916 (0.19001) [1.43110] | 0.807303 (0.16361) [4.93421] | 0.096739 (0.08395) [1.15228] |
| D(FE>=1980.3) | 0.221631 (0.19583) [1.13173] | 0.614457 (0.16863) [3.64377] | 0.278864 (0.08653) [3.22278] |
| D(FE>=1982.3) | 0.430172 (0.18280) [2.35328] | 0.100972 (0.15741) [0.64147] | -0.039069 (0.08077) [-0.48371] |
| ITC | -0.555629 (0.13702) [-4.05514] | -0.271094 (0.11799) [-2.29767] | 0.071592 (0.06054) [1.18252] |
| D(FE>=1986.3) | -0.238327 (0.17926) [-1.32950] | 0.296950 (0.15436) [1.92373] | -0.153929 (0.07921) [-1.94339] |
| D(FE>=1995.3) | 0.015939 (0.17750) [0.08980] | 0.004256 (0.15285) [0.02785] | 0.174352 (0.07843) [2.22301] |
| D(FE>=1999.1) | -0.320637 (0.17671) [-1.81453] | -0.275043 (0.15216) [-1.80758] | -0.024067 (0.07808) [-0.30824] |
| D(FE>=2001.2) | -0.089897 (0.18602) [-0.48325] | -0.784787 (0.16019) [-4.89923] | 0.018430 (0.08220) [0.22422] |
| D(FE>=2002.3) | -0.213870 (0.18465) [-1.15826] | -0.401005 (0.15900) [-2.52205] | 0.148556 (0.08159) [1.82084] |
| D(Q1) | -0.014518 (0.03588) [-0.40461] | 0.105052 (0.03090) [3.39994] | -0.003065 (0.01585) [-0.19333] |
| D(Q2) | -0.020451 | 0.159453 | -0.012323 |

| | | | |
|---|------------|------------|------------|
| | (0.04313) | (0.03714) | (0.01906) |
| | [-0.47417] | [4.29331] | [-0.64664] |
| D(Q3) | 0.075197 | 0.053102 | -0.030035 |
| | (0.03678) | (0.03167) | (0.01625) |
| | [2.04453] | [1.67667] | [-1.84816] |
| R-squared | 0.666098 | 0.768951 | 0.511820 |
| Adj. R-squared | 0.558773 | 0.694685 | 0.354904 |
| Sum sq. resids | 2.379700 | 1.764530 | 0.464594 |
| S.E. equation | 0.168314 | 0.144936 | 0.074370 |
| F-statistic | 6.206334 | 10.35404 | 3.261760 |
| Log likelihood | 56.76426 | 73.51328 | 148.2440 |
| Akaike AIC | -0.513647 | -0.812737 | -2.147214 |
| Schwarz SC | 0.165977 | -0.133113 | -1.467589 |
| Mean dependent | 0.009709 | 0.011066 | 0.003734 |
| S.D. dependent | 0.253390 | 0.262302 | 0.092594 |
| Determinant resid covariance (dof adj.) | | 3.22E-06 | |
| Determinant resid covariance | | 1.36E-06 | |
| Log likelihood | | 277.0944 | |
| Akaike information criterion | | -3.394543 | |
| Schwarz criterion | | -1.282852 | |