

## INTEGRACIÓN Y TRANSMISIÓN DE PRECIOS ENTRE LOS MERCADOS DE MAÍZ Y DEL POLLO DE ENGORDE EN BRASIL

CARLOS EDUARDO CALDARELLI  
Universidad Estadual de Londrina (UEL)

RECIBIDO: 11 de noviembre de 2011 / ACEPTADO: 7 de mayo de 2012

---

**Resumen:** El objetivo de este artículo es evaluar la dinámica de transmisión de precios entre los mercados de maíz y del pollo de engorde en Brasil en el período 2000-2010. Se utilizaron los tests de raíz unitaria de Dickey-Fuller Generalized Least Square (DF-GLS), de causalidad de Granger (1969), de cointegración de Johansen (1988), el modelo vectorial de corrección de errores (VEC) y tests de exogeneidad débil. El estudio permite afirmar que existe interacción a largo plazo entre los mercados brasileños de maíz y pollo (cointegración). La elasticidad de la transmisión de precios estimada muestra que un 40% de las variaciones en el precio del maíz se transmiten al precio del pollo vivo. El test de exogeneidad indica que la transmisión de precios entre estos mercados es unidireccional, donde el precio del maíz al productor se puede considerar débilmente exógeno.

**Palabras clave:** Maíz / Pollo / Modelo vectorial de corrección de errores (VEC) / Transmisión de precios.

### **Integration and Price Transmission between Corn and Chicken Markets in Brazil**

**Abstract:** The objective of this paper is to evaluate the dynamics of price transmission between corn and poultry markets in Brazil from 2000 to 2010. The Dickey-Fuller Generalized Least Square (DF-GLS) unit root test, the Granger causality (1969), the Johansen cointegration test (1988), Vector Error Correction Model (VEC) and the weak exogeneity tests are applied. We can conclude that there is a long run interaction between corn and poultry markets in Brazil (cointegration). The estimated elasticity price transmission shows that 40% of the variations in the corn prices are transmitted to the chicken prices. The exogeneity test indicated that price transmission between these markets are unidirectional, the corn price can be considered weak exogenous.

**Keywords:** Corn / Chicken / Vector error correction model (VEC) / Price transmission.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

El principal objetivo de este estudio es analizar la intensidad y la dirección de la transmisión de precios entre los mercados brasileños de maíz y avícola en el período 2000-2010, calculando la elasticidad de esa transmisión. Asimismo, los efectos de esa transmisión deberían proporcionar información para analizar el proceso de formación de precios en estos mercados.

La cadena productiva del maíz presenta una gran relevancia en el agronegocio brasileño y una fuerte interacción con la industria y los demás sistemas agroindustriales. El maíz es el principal insumo en la industria cárnica brasileña, especialmente de aves y cerdos. Según los datos del Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011), en términos de valores de la producción (en miles de reales-R\$), el maíz representó en el año 2010 cerca de un 9,8% de la producción

agrícola del país. Por lo que respecta a la producción de granos en Brasil (en toneladas), según la Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2011), el maíz supuso un 35% de la producción en ese mismo año.

La importancia de la cadena del maíz también es evidente cuando se analiza el consumo de este cereal por sector. En el año 2010, según la Associação Brasileira das Indústrias do Milho (ABILMILHO, 2011), las actividades avícola y porcina absorbieron aproximadamente un 68% de la producción brasileña de este cereal. Solo el sector avícola en ese mismo año representó un 43% del consumo de maíz.

La actividad avícola brasileña tiene como principal insumo el maíz y, según la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2011), este cereal es el responsable por término medio de un 38% de los costes de producción de las aves de engorde en Brasil. Así, la posición competitiva de esta actividad está fuertemente relacionada, entre otros factores, con el precio del maíz. En la producción de pollo existe todavía una considerable rigidez en la composición del pienso, donde el maíz puede ser considerado como un insumo con escasas posibilidades de sustitución. En este sentido, en Brasil se observa una integración vertical entre los mercados de piensos y de aves de engorde, y un fuerte proceso de integración entre producción y agroindustria. Además, la industria de piensos se caracteriza por la exploración de economías de escala y por realizar importantes inversiones en investigación y desarrollo (I+D).

Para analizar la relación entre los mercados brasileños de maíz y aves de engorde se calculó la elasticidad de la transmisión de precios entre ellos, así como la dirección de esa transmisión. El modelo teórico de Gardner (1975) aseguró el apoyo de los modelos econométricos que permitirán comprender la relación a largo plazo entre los precios del maíz y del pollo. La hipótesis formulada es que la elasticidad de la transmisión de precios entre estos mercados es inelástica.

Este artículo se estructura en seis secciones, incluyendo esta introducción. En la sección 2 se presentan las características generales de las cadenas productivas del maíz y del pollo en Brasil. A continuación, en la sección 3 se presenta el modelo teórico, mientras que en la sección 4 se recogen los procedimientos metodológicos y los datos utilizados. En la sección 5 se exponen los resultados y discusiones del trabajo, y en la sección 6 se resumen las principales conclusiones.

## **2. EL MERCADO BRASILEÑO DE MAÍZ Y POLLO: CARACTERÍSTICAS E INTERACCIONES**

El maíz es el principal macroingrediente para la producción de piensos, y dada su importancia en la competitividad del mercado brasileño de carnes, la producción de este grano ha ido aumentando gradualmente (sobre todo en la segunda cosecha). Según la CONAB (2011), entre los años 1999-2000 y 2009-2010 el volumen de maíz producido en Brasil (primera y segunda cosechas) aumentó en 24,7 millones de toneladas.

La producción brasileña de maíz se concentra en las regiones sur, centro-oeste y sudeste. Los cuatro mayores Estados productores –Paraná, Mato Grosso, Minas Gerais y Rio Grande do Sul– fueron responsables del 59,3% de la producción nacional en la cosecha 2008-2009 (CONAB, 2011).

La importancia de esta cadena productiva para otras actividades queda patente cuando se analiza el consumo por sector. Los sectores que más absorben la producción de maíz en Brasil son el avícola y el porcino. Estos sectores fueron responsables en la cosecha 2009-2010 de un 67,8% del consumo total del grano en Brasil (tabla 1). El aumento del tamaño y de la competitividad de esas actividades en los últimos años han hecho que el consumo de maíz –principal insumo– presente elevadas tasas de crecimiento.

**Tabla 1.-** Porcentaje del consumo de maíz en Brasil por sector entre los años 2001-2002 y 2009-2010

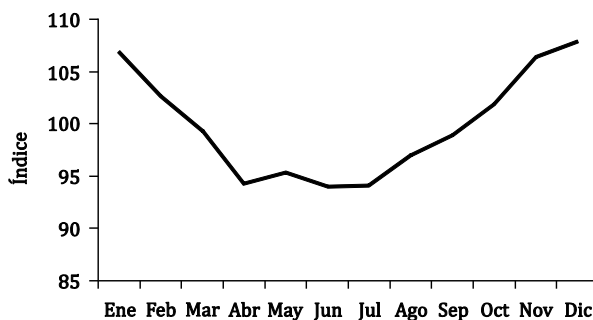
Sectores	Años de las cosechas								
	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10
Avícola	34,48	36,74	35,47	35,77	48,79	45,76	39,35	41,99	42,78
Porcino	21,95	22,63	19,47	19,59	28,39	25,36	23,46	25,16	25,06
Ganadero	6,96	7,20	4,39	4,87	6,11	5,67	4,48	4,71	4,76
Otros animales	3,91	3,91	3,56	3,50	1,55	1,51	1,27	2,10	2,14
Consumo industr.	10,36	10,36	9,55	9,42	10,22	9,51	8,25	9,48	9,35
Consumo humano	3,85	3,84	3,52	3,47	1,74	1,60	1,33	1,47	1,50
Pérdidas/Semillas	2,55	2,31	3,82	3,16	0,75	0,71	0,82	0,92	0,91
Exportaciones	6,52	4,01	9,17	11,07	2,20	9,89	21,05	14,17	13,51
Otros	9,27	9,00	11,06	9,15	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

FUENTE: ABIMILHO (2011).

La avicultura es el sector más representativo en el consumo de maíz en el país, pues en el año 2009-2010 consumió un 42,7% de la producción nacional de este cereal (tabla 1). Entre los años 2001-2002 y 2009-2010, la avicultura presentó un incremento de un 60,4% en el consumo de maíz –cerca de 8,15 millones de toneladas–. Según la ABIMILHO (2011), la tendencia de aumento en el consumo de maíz por parte de la industria cárnica debe mantenerse en los próximos años. Este hecho se debe al bajo uso de sustitutos en la alimentación animal (especialmente de aves y cerdos) y a las proyecciones de expansión de esas actividades. A pesar de los continuos aumentos en la producción y en la productividad del grano, la cadena de maíz brasileña tiene escasa representación en el mercado externo, pues Brasil no es un exportador tradicional de grano. Así, la producción brasileña sigue la tendencia determinada por las condiciones del mercado doméstico, presentando poca interacción con el mercado internacional (Chiodi, 2006). Del mismo modo, la formación de los precios del maíz en Brasil está muy influenciada por factores del propio mercado y muy poco por los movimientos en el mercado mundial del grano (Caldarelli, 2010).

La formación del precio del maíz en Brasil depende de condicionantes regionales de oferta y demanda, que viene registrando cambios en los últimos años tales como el crecimiento significativo de la producción de maíz de segunda cosecha y el aumento de las exportaciones brasileñas de este grano desde el año 2004-2005. En el gráfico 1 se presenta la variación estacional de los precios del maíz al productor en Brasil. El análisis del comportamiento estacional de los precios del maíz es importante, pues entre las características de esta cadena productiva se puede destacar su fuerte interacción con otros sistemas agroindustriales. La mayor parte del maíz que se produce en el país se convierte en insumo en diversos sistemas agroindustriales, siendo principalmente destinados a la producción animal (Souza, Azevedo y Saes, 1998).

**Gráfico 1.-** Variación estacional del precio del maíz al productor en Brasil en el año 2010



NOTA: Componente estacional calculado por el método de media móvil multiplicativa, según Hoffmann (2006).

FUENTE: Elaboración propia a partir de los datos del Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2011).

La avicultura es el sector que más consume el maíz producido en Brasil. Este hecho está relacionado con la composición del pienso de los pollos de engorde<sup>1</sup>. Según la EMBRAPA (2011), el coste del pienso es responsable por término medio de un 63% de los costes de producción de los pollos de engorde en el país. El maíz, por su parte, representa cerca de un 38% de los costes en esta actividad. De esta manera, se puede señalar que la competitividad del sector de aves de engorde en Brasil está muy relacionada, entre otros factores, con el mercado del maíz. En el gráfico 2 se presenta la variación estacional de la participación del pienso en los costes de producción de los pollos de engorde en el país a lo largo del año.

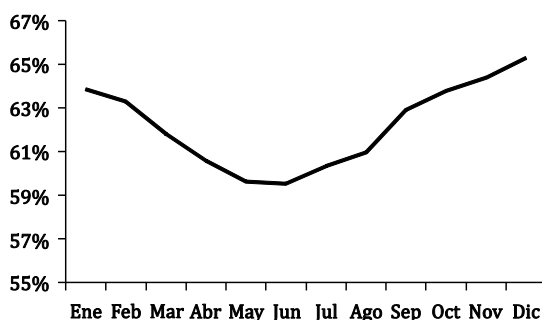
Se observa que la variación estacional de la participación del pienso en el coste de producción del pollo en Brasil a lo largo del año (gráfico 2) tiene un comportamiento similar al observado en la variación estacional del precio del maíz al productor (gráfico 1) –la correlación entre las series es de 0,95, es decir, las variacio-

<sup>1</sup> Por término medio, el pienso de los pollos de engorde en Brasil está compuesto por un 60% de maíz, un 38% de soja y un 2% de premix y núcleo.

nes de este insumo se reflejan de forma considerable en el coste de producción de la carne de pollo-.

En relación con los precios del pollo vivo, su variación estacional (gráfico 3) muestra un comportamiento similar al observado en el precio del maíz al productor y de la participación del pienso en el coste de producción de pollos en el país.

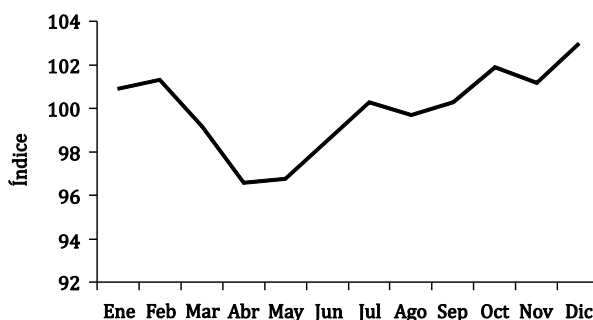
**Gráfico 2.-** Análisis estacional de la participación del pienso en el coste de producción de pollos en Brasil en el año 2010 (en %)



NOTA: Se ha considerado positivamente el sistema de producción de pollos con temperatura controlada.

FUENTE: Elaboración propia a partir de los datos de la EMBRAPA (2011).

**Gráfico 3.-** Variación estacional del precio del pollo vivo en Brasil en el año 2010



NOTA: El componente estacional se ha calculado por el método de media móvil multiplicativo, según Hoffmann (2006).

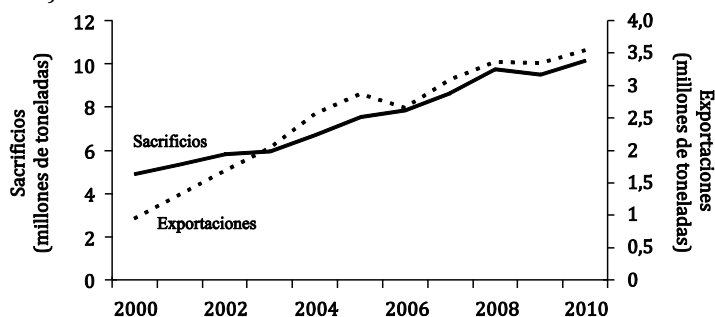
FUENTE: Elaboración propia a partir de los datos de la Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2011).

Se puede observar que los precios del pollo vivo (gráfico 3) son más elevados en los mismos períodos en que los precios del maíz presentan las cotizaciones más altas y la participación del pienso en el coste de producción de pollos es más

elevada. Este hecho sugiere la existencia de una interacción entre los precios en estos mercados y una posible transmisión de precios entre dichos mercados.

En relación con el comercio exterior, la cadena de producción de aves de engorde en Brasil es bastante competitiva y está integrada en el mercado internacional. El sector cárnico en el país, y por lo tanto el sector avícola, ha experimentado un crecimiento en los últimos años tanto en el número de sacrificios como en el de exportaciones. El gráfico 4 presenta la evolución en la última década de los sacrificios y de las exportaciones de carne de pollo en Brasil.

**Gráfico 4.-** Evolución del sacrificio y de las exportaciones de pollos en Brasil en el período 2000-2010 (en millones de toneladas)



FUENTE: Elaboración propia a partir de los datos del IBTGE (2011) y del Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior/Secretaria de Comércio Exterior (MDIC/SECEX, 2011).

La producción de aves de engorde en Brasil se concentra en las regiones sur y sudeste –Paraná (26%), Santa Catarina (20%), São Paulo (15%) y Rio Grande do Sul (14%)<sup>2</sup>-. La cadena es muy competitiva, y una parte significativa de esa cadena funciona en el sistema de producción integrada. Las perspectivas para el sector indican que la expansión observada, tanto en los sacrificios como en las exportaciones (gráfico 4), debe mantenerse en los próximos años (ABIMILHO, 2011). El gráfico 4 muestra también que las exportaciones presentan una tasa de crecimiento mayor que los sacrificios, y que la parte de carne de pollo destinada a la exportación representa por término medio un 32% de los sacrificios de pollos realizados en Brasil.

### 3. MODELO TEÓRICO

La comercialización agrícola es considerada como un proceso de producción que consiste en la combinación de materias primas agrícolas e insumos de comercialización. Por lo tanto, se puede estimar que la formación de precios en los mer-

<sup>2</sup> Porcentaje en relación con el total nacional de los sacrificios en el año 2010 (IBGE, 2011).

cados agrícolas se produce en un contexto en el que participan productores, intermediarios y consumidores. Así, existe un considerable número de mercados de productos agrícolas o de otro tipo, incluyendo los mercados de insumos utilizados en la producción y comercialización. De esta manera, para comprender determinado mercado agrícola o el análisis del comportamiento de los precios es preciso, incluso de manera estilizada, tener en cuenta estas interacciones (Barros, 1987).

Este estudio se basa en el modelo de Gardner (1975) para analizar la transmisión de precios entre los mercados de maíz y de pollos en Brasil. El referencial teórico utilizado describe el proceso de transmisión de precios entre el insumo –precio del maíz– y el producto final –precio del pollo–. En su modelo analítico, Gardner (1975) considera un producto final ( $x$ ) y dos insumos utilizados en su producción: la materia prima agrícola ( $a$ ) y el insumo de comercialización ( $b$ ). Este modelo pretende representar una industria que comercializa un determinado producto agrícola al que se agregan actividades para atender la demanda del producto final. El proceso de comercialización es analizado a la luz de la teoría de la producción. El modelo que representa esa industria es el siguiente:

$$x = f(a, b) \quad (1)$$

$$x = D(P_x, N) \quad (2)$$

$$P_b = P_x f_b \quad (3)$$

$$P_a = P_x f_a \quad (4)$$

$$P_b = g(b, T) \quad (5)$$

$$P_a = h(a, W) \quad (6)$$

donde (1) representa la función de producción de la industria, para la que se presuponen rendimientos constantes a escala; (2) representa la función de demanda de  $x$ , siendo  $P_x$  el precio de la venta al por menor y  $N$  una variable exógena (renta, por ejemplo); (3) y (4) representan las igualdades del precio del insumo a su valor de producto marginal, condición necesaria para la maximización de beneficios en una empresa, donde  $f_a$  y  $f_b$  son productos marginales, y  $P_a$  y  $P_b$  son los precios de ( $a$ ) y ( $b$ ), respectivamente; (5) y (6) representan las ofertas de los dos insumos considerados, siendo  $T$  y  $W$  variables exógenas.

El análisis gráfico de este modelo se presenta en Barros (1987), siendo considerados rendimientos constantes la escala y la elasticidad de sustitución  $\sigma_{ab} = 0$ , es decir, que el producto final se produce con proporciones fijas de ( $a$ ) y ( $b$ ) (gráfico 5). El análisis gráfico también permite la obtención gráfica de la demanda derivada por los insumos ( $a$ ) y ( $b$ ). Supóngase que cada unidad de ( $x$ ) se produce utilizando una unidad de ( $a$ ) y dos unidades de ( $b$ ), de tal modo que  $1a + 2b \rightarrow 1x$ .

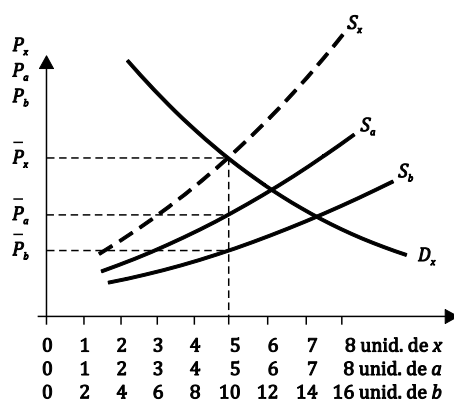
En el gráfico 5 se observan la demanda  $x$  ( $D_x$ ) y las ofertas de  $(a)$  y  $(b)$  por separado. El eje horizontal representa las unidades y el eje vertical sus respectivos precios. Así, en condiciones de competencia y teniendo en cuenta la proporción fija de los insumos utilizados, para cualquier cantidad producida el precio de oferta ( $x$ ) será igual a la suma del precio correspondiente de una unidad de  $(a)$  y dos unidades de  $(b)$ . La curva de oferta de  $x$  ( $S_x$ ) es la suma vertical de las dos ofertas de insumos.

El estudio propuesto pretende calcular la elasticidad de la transmisión de precios entre el insumo agrícola  $(a)$  y el precio del producto final ( $P_x$ ). Según Gardner (1975), en ese caso la elasticidad de transmisión puede venir dada por:

$$\varepsilon_{P_x, P_a} = (d P_x / d P_a) (P_a / P_x) \quad (7)$$

Normalmente, el modelo indica que una reducción en la oferta del insumo agrícola  $(a)$  aumentará su precio ( $P_a$ ) proporcionalmente más que el precio del producto final ( $P_x$ ), es decir, se espera un comportamiento inelástico del producto final en relación con su insumo.

**Gráfico 5.-** Obtención gráfica de la oferta  $S_x$



FUENTE: Barros (1987).

#### 4. METODOLOGÍA

El test de raíz unitaria utilizado fue el *Dickey-Fuller Generalized Least Square* (DF-GLS), desarrollado por Elliot, Rothenberg y Stock (1996). Esta metodología, que es una versión más eficiente del tradicional test de Dickey-Fuller aumentado (ADF), consiste en la aplicación del test ADF en series de datos previamente depurados de sus componentes determinísticos. Este test se muestra más eficaz incluso en series que puedan presentar una media o tendencia no identificada o desconocida. El número de retardos utilizados en el test de raíz unitaria se determinó utilizando el criterio de información de Akaike modificado (MAIC).



La existencia de precedencia temporal entre las variables se evaluó mediante el análisis de causalidad de Granger. Para dos series de tiempo  $X_t$  e  $Y_t$ , el test de Granger asume que la información relevante para la predicción de las respectivas variables solamente aparece en las series temporales de esas dos variables y en sus valores retardados (Granger, 1969).

Para estimar y analizar las relaciones estacionarias a largo plazo entre las variables se utilizó el test de cointegración, ya expuesto en Johansen (1988), que estima un sistema que contiene exactamente  $h$  relaciones de cointegración mediante el método de máxima verosimilitud de información plena (MVIP). Este test contempla la posibilidad de que exista más de un vector de cointegración, así como casos en los que los regresores puedan presentar endogeneidad. Para demostrar la presencia de vectores de cointegración se utilizó el estadístico  $\lambda_{sector}$  (Johansen y Juselius, 1990).

También se utilizó un modelo vectorial de corrección de errores (VEC) para la realización del análisis económico de la relación tanto a corto como a largo plazo entre las variables. Además, se impusieron restricciones en el parámetro a corto plazo  $\alpha$  de este modelo con el fin de demostrar la presencia de exogeneidad débil, es decir, para comprobar si las variables reaccionan a los cambios en la relación de equilibrio a largo plazo (Enders, 2004).

#### 4.1. FUENTE DE DATOS

Los datos utilizados en esta investigación son los precios de maíz al productor y el precio del pollo vivo en Brasil. Para los precios del maíz al productor se emplearon las series publicadas por el Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) y para la serie de precios del pollo vivo se usaron los datos de la Fundação Getúlio Vargas (FGV). Estos precios, expresados en términos nominales, se transformaron en valores reales utilizando el IGP-DI publicados por la FGV.

El análisis, realizado con datos mensuales, abarca el período comprendido entre enero de 2000 y diciembre de 2010. Las series utilizadas se convirtieron en logaritmos para ajustar el modelo. De esta manera, las relaciones entre las variables (valores de los coeficientes estimados) pueden ser interpretadas directamente como elasticidades.

El paquete estadístico-econométrico utilizado fue el *Regression Analysis of Time Series* (RATS 6.2), utilizando las herramientas del *Cointegration Analysis of Time Series* (CATS 2.0).

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del test de raíz unitaria de Elliot, Rothenberg y Stock (1996), llamado test DF-GLS, que se muestran en la tabla 2, permiten concluir que el precio del maíz al productor y el precio del pollo vivo pueden considerarse integradas

de orden uno  $-I(1)$ -, es decir, que es necesario aplicar una diferencia de orden uno para hacerlas estacionarias.

**Tabla 2.-** Resultados de los tests de raíz unitaria de Elliot, Rothenberg y Stock (DF-GLS) para las series (en nivel) utilizadas en el modelo

Variable	Modelo 1		Modelo 2	
	$p$	Estadística DF-GLS	$p$	Estadística DF-GLS
Precio del maíz al productor	1	-2,992*	1	-1,5304*
Precio del pollo vivo	0	-2,6260**	0	-1,6617**

NOTAS:

Modelo 1:  $\Delta y_t^\mu = \beta_0 + \beta_1 t + \alpha_0 y_{t-1}^\mu + \sum_{j=1}^p \alpha_j \Delta y_{t-j}^\mu + \varepsilon$  en la versión con constante y tendencia.

Modelo 2:  $\Delta y_t^\mu = \beta_0 + \alpha_0 y_{t-1}^\mu + \sum_{j=1}^p \alpha_j \Delta y_{t-j}^\mu + \varepsilon$  solo en la versión con constante.

\*No significativo al nivel 0,05 de probabilidad; \*\*No significativo al nivel 0,10 de probabilidad.  
Valores críticos en Elliott, Rothenberg y Stock (1996).

FUENTE: Elaboración propia.

Los tests de raíz unitaria (DF-GLS) se realizaron en dos versiones: con constante y tendencia, y solo con constante (tabla 2). En ambos casos, con las variables en nivel no se puede rechazar la hipótesis nula de que hay una raíz unitaria en esas series. Para la determinación del número de retardos ( $p$ ) necesarios para eliminar la autocorrelación en los residuos de los tests de raíz unitaria se utilizó el criterio de información de Akaike modificado (MAIC).

Dado que las dos variables son integradas de orden uno, se empleó el procedimiento de Johansen para estimar y demostrar las relaciones a largo plazo entre ellas mediante el estadístico  $\lambda_{sector}$  (tabla 3).

**Tabla 3.-** Resultados del test de cointegración de Johansen

Hipótesis nula (H0)	Hipótesis alternativa (HA)	Autovalor	Estadística sector	Valores críticos 5%
$r \leq 1$	$r = 2$	0,043	5,693	9,142
$r = 0$	$r = 1$	0,111	20,819*	20,164

NOTA: El modelo fue ajustado con una constante fuera del espacio de cointegración y con un retardo. Se comprobó el significado de la constante en el vector de cointegración (distribución  $\chi^2$ ), no rechazándose la hipótesis en el caso de que aquella fuese nula. También se realizó la prueba incluyendo una tendencia en el vector de cointegración, no rechazándose la hipótesis nula de que el coeficiente de esa variable sea igual a cero.

\*Significativo al nivel 0,05 de probabilidad.

FUENTE: Elaboración propia.

El resultado del test de cointegración de Johansen (tabla 3) indica que existe un vector de cointegración entre las variables, considerando un nivel significativo de un 5% de probabilidad. Por lo tanto, las dos variables presentan equilibrio a largo plazo, es decir, están cointegradas. Así, las relaciones entre los mercados

brasileños de maíz y pollo se establecen utilizando un modelo vectorial de corrección de errores (VEC).

Antes de estimar el modelo VEC, se muestran los resultados del test de causalidad de Granger entre las variables (tabla 4). La justificación de la realización de este test es corroborar el modelo teórico y, por lo tanto, la normalización del vector de cointegración del modelo VEC. En el caso de la hipótesis nula de que el precio del maíz al productor no es el responsable del precio del pollo vivo *versus* la hipótesis alternativa de la existencia de causalidad, se verificó que la hipótesis nula fue rechazada considerando un nivel significativo del 1% de probabilidad. Es decir, los resultados del test indican que existe una precedencia temporal en el sentido de que el precio del maíz al productor es anterior al precio del pollo vivo. El test se realizó con uno, dos y tres retardos en las series, donde cabe mencionar que el resultado fue más significativo en el modelo con dos retardos<sup>3</sup>.

**Tabla 4.-** Test de causalidad de Granger entre las variables

Hipótesis nula del test	Número de retardos	Estadística F	Valor de la probabilidad
El precio del maíz al productor no causa el precio del pollo vivo	1	10,45	0,0015
El precio del pollo vivo no causa el precio del maíz al productor	1	2,44	0,1205
El precio del maíz al productor no causa el precio del pollo vivo	2	12,06	0,0000
El precio del pollo vivo no causa el precio del maíz al productor	2	0,070	0,9323
El precio del maíz al productor no causa el precio del pollo vivo	3	9,31	0,0000
El precio del pollo vivo no causa el precio del maíz al productor	3	0,17	0,9114

NOTA: La expresión "no causa", utilizada como hipótesis nula del test, debe ser entendida en el sentido de la causalidad de Granger. El test de Granger muestra la existencia de una precedencia temporal entre las variables, no necesariamente causa y efecto.

FUENTE: Elaboración propia.

A continuación, se presentan las estimaciones de los coeficientes a corto y largo plazo del modelo VEC (tabla 5). Los resultados se refieren a la ecuación de cointegración normalizada. La normalización se realizó teniendo en cuenta que la variable precio del maíz al productor es la variable de salida del modelo (endógena), mientras que la variable precio del pollo vivo es la variable de entrada (exógena).

**Tabla 5.-** Estimación de los coeficientes a corto y largo plazo del modelo vectorial de corrección de errores (VEC)

Variabes	Estimación de los coeficientes de ajuste a corto plazo $\alpha$	Estimación de los coeficientes a largo plazo $\beta$
Precio del maíz al productor	-0,086**	1,000
Precio del pollo vivo	-0,168*	-0,404*

\*Significativo al nivel 0,01 de probabilidad; \*\*Significativo al nivel 0,05 de probabilidad.

FUENTE: Elaboración propia.

<sup>3</sup> Con base en la estadística *Log Likelihood Ratio* (LR).

La estimación del coeficiente a largo plazo  $\beta$  para la variable precio del pollo vivo (tabla 5) muestra que cerca del 40%<sup>4</sup> de las variaciones en el precio del maíz al productor se transmiten al precio del pollo vivo. Los resultados indican que existe un importante proceso de transmisión de precios entre los mercados brasileños de maíz y avícola, siendo preciso tener en cuenta que una gran parte del proceso de producción avícola en el país se realiza de forma integrada.

Los parámetros estimados a corto plazo  $\alpha$  (tabla 5) muestran una baja velocidad de ajuste en dirección al equilibrio a largo plazo ante desequilibrios transitorios –corto plazo– en los mercados estudiados. Los coeficientes estimados indican que en el mercado de maíz los precios tienden a ajustarse a una tasa de un 8,6% en cada período, mientras que en el mercado avícola ese ajuste se sitúa aproximadamente en un 16,8%. Los resultados de los parámetros  $\alpha$  muestran que, aunque baja, la velocidad de ajuste en el mercado avícola es casi dos veces mayor que en el mercado de maíz, hecho que puede estar ligado a la gran interacción del mercado avícola brasileño con el mercado externo, en comparación con las casi inexistentes exportaciones de maíz en el período estudiado.

Por lo que respecta a los parámetros a corto plazo  $\alpha$  en el mercado de maíz brasileño, la baja velocidad de ajuste de desequilibrios a corto plazo hacia el equilibrio a largo plazo se debe a las características de este mercado. El mercado brasileño de maíz presenta una baja interacción con el mercado externo y un mecanismo de fijación de precios que se basa en el mecanismo de oferta y demanda interestatal. Por otra parte, cabe destacar la ausencia de contratos que garanticen los precios pagados a los productores por adelantado, ya que en general los productores operan sin garantía de precio de venta.

Con el objetivo de evaluar si las variables reaccionan en función de los cambios en el equilibrio a largo plazo, se realizó el test de exogeneidad débil sobre los parámetros  $\alpha$  (tabla 6). En este caso, el análisis de ese test permite verificar el sentido de causalidad en la transmisión de precios, es decir, si la causalidad observada es unidireccional o si existe causalidad en ambos sentidos (bi-causalidad).

**Tabla 6.-** Resultados del test de exogeneidad débil

Variables	$\chi^2$	Valor de la probabilidad
Precio del maíz al productor	1,343	0,247
Precio del pollo vivo	9,213	0,002

FUENTE: Elaboración propia.

En relación con la variable precio del maíz al productor, el resultado del test de exogeneidad débil (tabla 6) muestra que la hipótesis nula de que la variable no es débilmente exógena no puede ser rechazada. Por lo tanto, la variable es débilmen-

<sup>4</sup> Cabe mencionar que, debido a la normalización realizada en el vector de cointegración, el análisis estimado del coeficiente debe llevarse a cabo con el signo invertido, pues en la ecuación de cointegración normalizada todas las variables permanecen del mismo lado de la ecuación.

te exógena con respecto al precio del pollo vivo. Por otro lado, el test de exogeneidad débil para la variable precio del pollo vivo apunta hacia el rechazo de la hipótesis nula, por lo que esa variable no puede ser considerada débilmente exógena. Estos resultados indican que la transmisión de precios entre estos mercados es unidireccional.

La dirección de causalidad en la transmisión de precios pone de manifiesto que en Brasil los precios del maíz al productor influyen en el comportamiento de los precios del pollo vivo, mientras que la relación inversa no se ha verificado. El hecho de que el mercado de maíz influya en el mercado de pollos y que lo contrario no pueda verificarse puede considerarse normal. La actividad avícola en Brasil tiene en el maíz –junto con la soja– su principal insumo productivo, correspondiendo por término medio al pienso un 63% de los costes de producción de esta actividad –solo el maíz representa un 38%, por lo que existe una considerable influencia del maíz en la formación de precios de este mercado–. También debe tenerse en cuenta la escasa posibilidad de que se sustituya el maíz por otro insumo en la producción de pienso para las aves de engorde, así como el proceso de integración observado en estas actividades.

Por otro lado, estudios como los de Chiodi (2006) y Caldarelli (2010) indican que la formación del precio del maíz en Brasil está relacionada con el mecanismo de oferta y demanda nacional (interestatal) y en cierta medida también con la señalización de los precios internacionales de este cereal, ya que las exportaciones, aunque no son muy elevadas, han experimentado aumentos desde el año 2004. Además, cabe recordar que la demanda de maíz para la actividad avícola representa por término medio cerca del 40% de la producción nacional de este cereal, aunque hay que destacar que una parte importante del consumo de maíz en Brasil se dedica a la cría de cerdos, al ganado, al consumo industrial y, en los últimos años, a las exportaciones de este grano.

## 6. CONCLUSIONES

El objetivo de este estudio fue analizar las relaciones existentes entre los mercados brasileños de maíz y pollo en el período 2000-2010, analizando la relación a corto y largo plazo entre esos mercados.

El modelo teórico utilizado para comprobar la especificación del modelo estadístico se ha basado en el desarrollado por Gardner (1975). Los resultados del test de causalidad de Granger, relativo a la precedencia temporal entre los mercados estudiados, apuntan hacia la causalidad unidireccional, donde los precios del pollo vivo se ven influenciados por los precios del maíz al productor, aunque, por otro lado, hay que señalar que no se ha observado la relación opuesta. Estos resultados apoyan las hipótesis del modelo teórico utilizado.

Por lo que respecta a la existencia de cointegración entre estos mercados, el test de Johansen indica la presencia de un vector de cointegración, lo que demuestra que estas variables están cointegradas. En este caso, se confirma la existencia

de la relación a largo plazo entre estos mercados. Por lo tanto, como el número de vectores de cointegración es menor que el número de variables, hay un modelo vectorial de corrección de errores (VEC).

La estimación del modelo VEC ha permitido obtener parámetros a corto plazo  $\alpha$  y a largo plazo  $\beta$ . En este sentido, las estimaciones de los coeficientes a corto plazo indican que los desequilibrios transitorios tienden a desaparecer lentamente en ambos mercados –bajo valor de  $\alpha$ –, es decir, transcurre un largo período de tiempo hasta que el equilibrio a largo plazo se restablece. El ajuste para conseguir el equilibrio a largo plazo, incluso de pequeña magnitud, es mayor en el mercado de pollos.

Por lo que respecta al análisis a largo plazo, la elasticidad de la transmisión de precios indica que cerca del 40% de las variaciones en el precio del maíz al productor son transmitidas al precio del pollo vivo. Por lo que se refiere a la dirección de esa transmisión, el test de exogeneidad débil muestra que se trata de una relación unidireccional, donde la variable precio del maíz al productor es considerada débilmente exógena, es decir, que las variaciones en el precio del maíz al productor se transmiten al precio del pollo vivo, mientras que la relación inversa no se ha verificado. Estos resultados muestran características relativas a estos mercados, en los que se debe destacar el intenso proceso de integración de la actividad avícola en el país y la relativa rigidez en la composición de los piensos de las aves de engorde, y donde el maíz se puede considerar un insumo con una baja tasa de sustitución –relativamente inelástico a los precios–.

Los resultados, además de cuantificar la intensidad y la dirección de la relación entre los mercados de maíz y avícola en Brasil, permiten hacer deducciones interesantes sobre el proceso de formación de los precios del maíz y del pollo. Además, los resultados indican la necesidad de fortalecer el proceso de garantía de precios de los insumos para los productores de pollo. La sensibilidad del mercado avícola a los precios del maíz destaca la importancia que una mejor estructuración en la comercialización del maíz en Brasil desempeñaría sobre la competitividad de la carne de pollo. En Brasil un desincentivo importante para la producción de maíz es la relativa falta de contratos de compra, por lo que se apunta la necesidad de crear mecanismos de comercialización por parte del sector privado en este mercado.

Este trabajo representa un paso adelante para ampliar el análisis de las relaciones existentes entre los mercados brasileños de maíz y pollo. Este tema ha sido poco estudiado cuando se compara con otros sectores de la agroindustria, y este trabajo contribuye a establecer de forma estilizada la transmisión de precios entre esos mercados y la dirección de esa transmisión. Creemos que este estudio podrá contribuir a futuras investigaciones sobre el proceso de transmisión de precios entre los mercados de maíz y pollo en Brasil; sin embargo, considerando la asimetría en ese proceso, se podría verificar la transmisión de los precios en un escenario con incrementos y reducciones de los precios.

**BIBLIOGRAFÍA**

- BARROS, G.S.C. (1987): *Economia da comercialização agrícola*. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ).
- BRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO MILHO (2011): *Estatísticas*. (15 de junio de 2011). <<http://www.abimilho.com.br/estatistica4.htm>>. São Paulo: ABIMILHO.
- BRASIL. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, CENTRAL DE INFORMAÇÕES AGROPECUÁRIAS. (8 de agosto de 2011). <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=131>>. Brasília: CONAB.
- BRASIL. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (2011): *EMBRAPA suínos e aves*. (2 de agosto de 2011). <<http://www.cnpsa.embrapa.br>>. Brasília: EMBRAPA.
- BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2011): *Abates de aves de corte no Brasil*. (14 de junio de 2011). <<http://www.ibge.gov.br>>. Rio de Janeiro: IBGE.
- BRASIL. INSTUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS APLICADAS (2011): *Dados macroeconômicos*. (20 de junio de 2011). <<http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?12236343>>. Brasília: IPEA.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR (2011): MIDIC/SECEX. *Dados das Exportações brasileiras por destino*. (15 de agosto de 2011). <<http://www.aliceweb.desenvolvimento.gov.br>>. Brasília: MIDIC/SECEX.
- CALDARELLI, C.E. (2010): *Fatores de influência no do preço do milho no Brasil*. (Tesis doctoral). Piracicaba: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- CHIODI, L. (2006): *Integração espacial no mercado brasileiro de milho*. (Disertação. Mestrado em Economia Aplicada). Piracicaba: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- ELLIOT, G.; ROTHENBERG, T.J.; STOCK, J.H. (1996): "Efficient Tests for an Autoregressive Unit Root", *Econometrica*, 64 (4), pp. 813-836.
- ENDERS, W. (2004): *Applied Econometric Time Series*. 2ª ed. Hoboken, NJ: Wiley.
- FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (2011): *Dados estatísticos*. (15 de junio de 2011). <<http://www.agroanalysis.com.br/index.php?area=mercadonegocios>>. São Paulo: FGV.
- GARDNER, B.L. (1975): "The Farm-to-Retail Price Spread in a Competitive Industry", *American Journal of Agricultural Economics*, 57 (3), pp. 399-409.
- GRANGER, C. (1969): "Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods", *Econometrica*, 37 (3), pp. 424-438.
- HOFFMANN, R. (2006): *Estatística para economista*. 4ª ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning.
- JOHANSEN, S. (1988): "Statistical Analysis of Cointegration Vectors", *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12 (2-3), pp. 231-254.
- JOHANSEN, S.; JUSELIUS, K. (1990): "Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration with Applications to the Demand for Money", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52 (2), p. 169-210.
- SOUZA, E.L.L.; AZEVEDO, P.F.; SAES, M.S.M. (1998): "Competitividade do sistema agroindustrial do milho", en E.M.M.Q. Farina y D. Zylbersztajn: *Competitividade do agribusiness brasileiro*, pp. 273-471. São Paulo: USP/PENSA.