

Transmisión de precios y ajuste asimétrico al equilibrio: evidencia para las principales ciudades de Colombia mediante modelos de corrección de error [Documento de Trabajo 26/01]

Sergio A. Barona-Montoya*

Abstract

[Abstract text to be added]

1 Introducción

2 Datos

2.1 Fuentes de datos: precios minoristas (DANE-IPC)

La primera fuente de información corresponde a los precios minoristas reportados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), utilizados como insumo para el cálculo del Índice de Precios al Consumidor (IPC) (DANE, 2024). El periodo de análisis se extiende desde enero de 1999 hasta marzo de 2018 y cubre las trece principales ciudades del país: Bogotá D.C., Medellín A.M., Cali A.M., Barranquilla A.M., Bucaramanga A.M., Manizales A.M., Pereira A.M., Cúcuta A.M., Pasto, Ibagué, Montería, Cartagena y Villavicencio.

Una característica central de esta base de datos es su estructura de clasificación, la cual se fundamenta en la canasta de seguimiento del IPC 2008. Dicha estructura organiza la información de precios a través de distintos niveles jerárquicos de agregación, lo que permite un análisis flexible y consistente de la dinámica de precios a diferentes escalas. En particular, la clasificación distingue entre cinco niveles: grupo, subgrupo, clase, gasto básico y artículo.

*Department of Economics and Finance, Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia. ORCID 0000-0001-8390-6673

Table 1: First rows of the IPC retail price dataset (1999–2018)

ano	ciudad	nombre_ciudad	codigo_articulo	articulo	unidad	mes	precio
1999	05	MEDELLÍN	1110101	ARROZ PARA SECO	500Grs.	enero	588.81
1999	05	MEDELLÍN	1110101	ARROZ PARA SECO	500Grs.	febrero	588.37
1999	05	MEDELLÍN	1110101	ARROZ PARA SECO	500Grs.	marzo	587.72
1999	05	MEDELLÍN	1110101	ARROZ PARA SECO	500Grs.	abril	587.71
1999	05	MEDELLÍN	1110101	ARROZ PARA SECO	500Grs.	mayo	590.53
1999	05	MEDELLÍN	1110101	ARROZ PARA SECO	500Grs.	junio	592.17

El nivel de **grupo** corresponde a la agregación más amplia de bienes y servicios, y agrupa conjuntos homogéneos de consumo. Cada grupo se subdivide en **subgrupos**, los cuales capturan categorías más específicas dentro de cada conjunto. A su vez, los subgrupos se desagregan en **clases**, que representan una segmentación aún más detallada del consumo. El nivel de **gasto básico** constituye la unidad operativa de seguimiento dentro del IPC y agrupa productos con características similares y patrones de consumo comparables. Finalmente, el nivel de **artículo** corresponde al producto específico cuyo precio es observado y reportado de manera directa.

Esta estructura jerárquica garantiza coherencia entre los distintos niveles de agregación y permite analizar la transmisión de precios desde desagregaciones finas hasta agregados más amplios, lo cual resulta particularmente relevante para la estimación de modelos de corrección de error y modelos de corrección de error asimétricos a nivel urbano.

2.2 Fuentes de datos: precios mayoristas (SIPSA - DANE)

La información sobre los precios mayoristas corresponde a los datos del Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario (SIPSA), publicados por el DANE. El SIPSA no sólo informa, con frecuencia diaria, sobre los precios mayoristas de los productos agroalimentarios que se comercializan en el país; sino que, además, proporciona información, con frecuencia quincenal, sobre el nivel de abastecimiento de los alimentos en las ciudades. En este estudio se utilizarán datos de SIPSA para las tres principales ciudades de Colombia (Cali, Bogotá y Medellín) durante el período 2013:1 – 2024:1, con frecuencia mensual.

A continuación, se presenta la estructura de los datos:

Table 2: First rows of the SIPS A wholesale price dataset
(2013–2018)

Fecha	Grupo	Alimento	Mercado	Precio_kg	Month	Year
2013-01-01	CARNES	Asas de pollo con costillar	Barranquilla, Barranquillita	3073	1	2013
2013-01-01	CARNES	Asas de pollo con costillar	Barranquilla, Granabastos	3067	1	2013
2013-01-01	CARNES	Asas de pollo con costillar	Bogotá, D.C., Frigorífico Ble Ltda.	2967	1	2013
2013-01-01	CARNES	Asas de pollo con costillar	Bogotá, D.C., Frigorífico Guadalupe	2560	1	2013
2013-01-01	CARNES	Asas de pollo con costillar	Cartagena, Bazarito	3429	1	2013
2013-01-01	CARNES	Asas de pollo con costillar	Ibagué, Plaza La 21	4307	1	2013

3 Metodología

3.1 Mapeo IPC–SIPS A

La implementación de la metodología presupone un mapeo previo entre los alimentos reportados por el DANE en la construcción del IPC y los alimentos reportados por SIPS A (en adelante, **mapeo IPC–SIPS A**). En términos operativos, este procedimiento establece correspondencias entre ambas fuentes con el fin de asegurar comparabilidad conceptual y estadística en las series de precios. En particular, para cada alimento reportado en SIPS A se identifica un alimento equivalente dentro de la canasta del IPC. A continuación, se presenta el mapeo IPC–SIPS A.

Table 3: Mapeo IPC–SIPS A

codigo_tcac	retail	mapeo_sipsa	sipsa
26	FECULA DE MAÍZ	26	Fécula de maíz
A010	ARROZ PARA SECO	A010	Arroz blanco importado
A010	ARROZ PARA SECO	A010	Arroz de primera
A010	ARROZ PARA SECO	A010	Arroz de segunda
A010	ARROZ PARA SECO	A010	Arroz excelso
A012	AVENA HOJUELAS	A012	Avena en hojuelas

Es importante destacar que el mapeo no sigue una relación uno a uno, sino una relación **n a 1** (muchos a uno). En consecuencia, un mismo alimento definido en la base del IPC puede

agrupar varios alimentos equivalentes reportados en SIPSA. (Por ejemplo, el ítem *arroz para seco* en el IPC puede corresponder, en SIPSA, a categorías como *arroz de primera*, *arroz de segunda* y *arroz excelso*). Este tipo de correspondencia refleja diferencias en el nivel de desagregación y en los criterios de clasificación entre las dos fuentes, y constituye un elemento central para la correcta construcción de series comparables en el análisis de transmisión de precios.

La siguiente tabla presenta el mapeo final utilizado en el análisis posterior:

Table 4: Mapeo IPC-SIPSA: Alimentos incluidos en el análisis (Cali, Bogotá, Medellín)

articulo_ipc	alimento_sipsa	cod_mun	months_both	months_any
ARROZ PARA SECO	Arroz de primera	05001	63	63
ARROZ PARA SECO	Arroz de primera	11001	63	63
ARROZ PARA SECO	Arroz de primera	76001	63	63
CEBOLLA CABEZONA	Cebolla cabezona blanca	05001	63	63
CEBOLLA CABEZONA	Cebolla cabezona blanca	11001	63	63
CEBOLLA CABEZONA	Cebolla cabezona blanca bogotana	76001	63	63
PAPA	Papa R-12 negra	11001	63	63
PAPA	Papa capira	05001	63	63
PAPA	Papa capira	76001	63	63
PLÁTANO	Plátano hartón verde	05001	63	63
PLÁTANO	Plátano hartón verde	11001	63	63
PLÁTANO	Plátano hartón verde	76001	63	63
TOMATE	Tomate larga vida	05001	63	63
TOMATE	Tomate larga vida	11001	63	63
TOMATE	Tomate larga vida	76001	63	63
YUCA	Yuca ICA	05001	63	63
YUCA	Yuca ICA	76001	63	63
YUCA	Yuca llanera	11001	63	63
ZANAHORIA	Zanahoria	11001	63	63
ZANAHORIA	Zanahoria bogotana	76001	63	63
ZANAHORIA	Zanahoria larga vida	05001	63	63

3.2 Modelo de corrección de error

A partir de pruebas de Dickey–Fuller aumentadas (ADF), se examina la estacionariedad de las series temporales correspondientes a los precios de los alimentos analizados. La existencia de relaciones de cointegración entre los precios minoristas y mayoristas se evalúa mediante la prueba de Engle y Granger (1987).

Como señala Enders (2014), una característica fundamental de las variables cointegradas es que su trayectoria temporal está determinada por las desviaciones respecto del equilibrio de largo plazo. En consecuencia, las dinámicas de corto plazo deben estar condicionadas por dichas desviaciones. El modelo dinámico que permite capturar simultáneamente la relación de largo plazo y los ajustes de corto plazo es el modelo de corrección de error (*Error Correction Model*, ECM).

3.2.1 Modelo de corrección de error estándar (ECM)

Sea $\ln(P_{it}^{min})$ el logaritmo natural del precio minorista y sea $\ln(P_{it}^{may})$ el logaritmo natural del precio mayorista del alimento i en el período t . La relación de equilibrio de largo plazo entre ambos precios viene dada por:

$$\ln(P_{it}^{min}) = \alpha_i + \beta_i \ln(P_{it}^{may}) + e_{it}.$$

El término de corrección de error corresponde al residuo rezagado de la relación de cointegración:

$$e_{i,t-1} = \ln(P_{i,t-1}^{min}) - \alpha_i - \beta_i \ln(P_{i,t-1}^{may}).$$

Este término captura el desequilibrio existente en el período $t - 1$. Si $e_{i,t-1} > 0$, el precio minorista se encuentra por encima del nivel consistente con el equilibrio de largo plazo, dado el precio mayorista. En este contexto, la dinámica de corto plazo se modela mediante la siguiente especificación ECM:

$$\Delta \ln(P_{it}^{min}) = c_{i0} + \sum_{p=1}^P \beta_{ip} \Delta \ln(P_{i,t-p}^{min}) + \sum_{q=1}^Q \gamma_{iq} \Delta \ln(P_{i,t-q}^{may}) + \theta_i e_{i,t-1} + u_{it}.$$

En esta ecuación, los coeficientes β_{ip} capturan la dinámica autorregresiva de corto plazo del precio minorista, mientras que los coeficientes γ_{iq} reflejan el impacto de corto plazo de variaciones en el precio mayorista. El parámetro θ_i mide la velocidad de ajuste hacia el equilibrio de largo plazo. Se espera que $\theta_i < 0$, de modo que desviaciones positivas del equilibrio sean corregidas mediante reducciones en el crecimiento del precio minorista.

3.2.2 Modelo de corrección de error asimétrico (A-ECM)

Siguiendo estudios previos sobre transmisión asimétrica de precios (por ejemplo, Chesnes, 2010), se implementa un modelo de corrección de error que permite capturar posibles asimetrías tanto en la velocidad como en el patrón de ajuste ante aumentos y reducciones en los precios. La especificación del modelo de corrección de error asimétrico (A-ECM) adopta la siguiente forma:

$$\begin{aligned}\Delta \ln(P_t^{min}) = & \sum_{i=0}^{L_1^+} \beta_{1i}^+ \Delta^+ \ln(P_{t-i}^{may}) + \sum_{i=0}^{L_1^-} \beta_{1i}^- \Delta^- \ln(P_{t-i}^{may}) \\ & + \sum_{i=0}^{L_2^+} \beta_{2i}^+ \Delta^+ \ln(P_{t-i}^{min}) + \sum_{i=0}^{L_2^-} \beta_{2i}^- \Delta^- \ln(P_{t-i}^{min}) \\ & + \beta_3^+ e_{t-1}^+ + \beta_3^- e_{t-1}^- + u_t.\end{aligned}$$

En esta expresión, Δ^+ y Δ^- representan las variaciones positivas y negativas de las variables respectivas. El término de corrección de error e_{t-1} captura la relación de equilibrio de largo plazo entre el precio minorista y el precio mayorista y se descompone en sus componentes positivo y negativo, e_{t-1}^+ y e_{t-1}^- .

Se espera que ambos coeficientes β_3^+ y β_3^- sean negativos. En particular, si el precio minorista se encuentra por encima del equilibrio de largo plazo ($e_{t-1} > 0$), el ajuste debería materializarse a través de una reducción en el crecimiento del precio minorista; de manera análoga, si el precio minorista se sitúa por debajo del equilibrio ($e_{t-1} < 0$), el ajuste debería reflejarse en un aumento de dicho crecimiento.

Siguiendo la metodología en dos etapas propuesta por Engle y Granger (1987), la relación de largo plazo se estima a partir de la siguiente ecuación:

$$\ln(P_{t-1}^{min}) = \alpha_0 + \beta_1 \ln(P_{t-1}^{may}) + e_{t-1}.$$

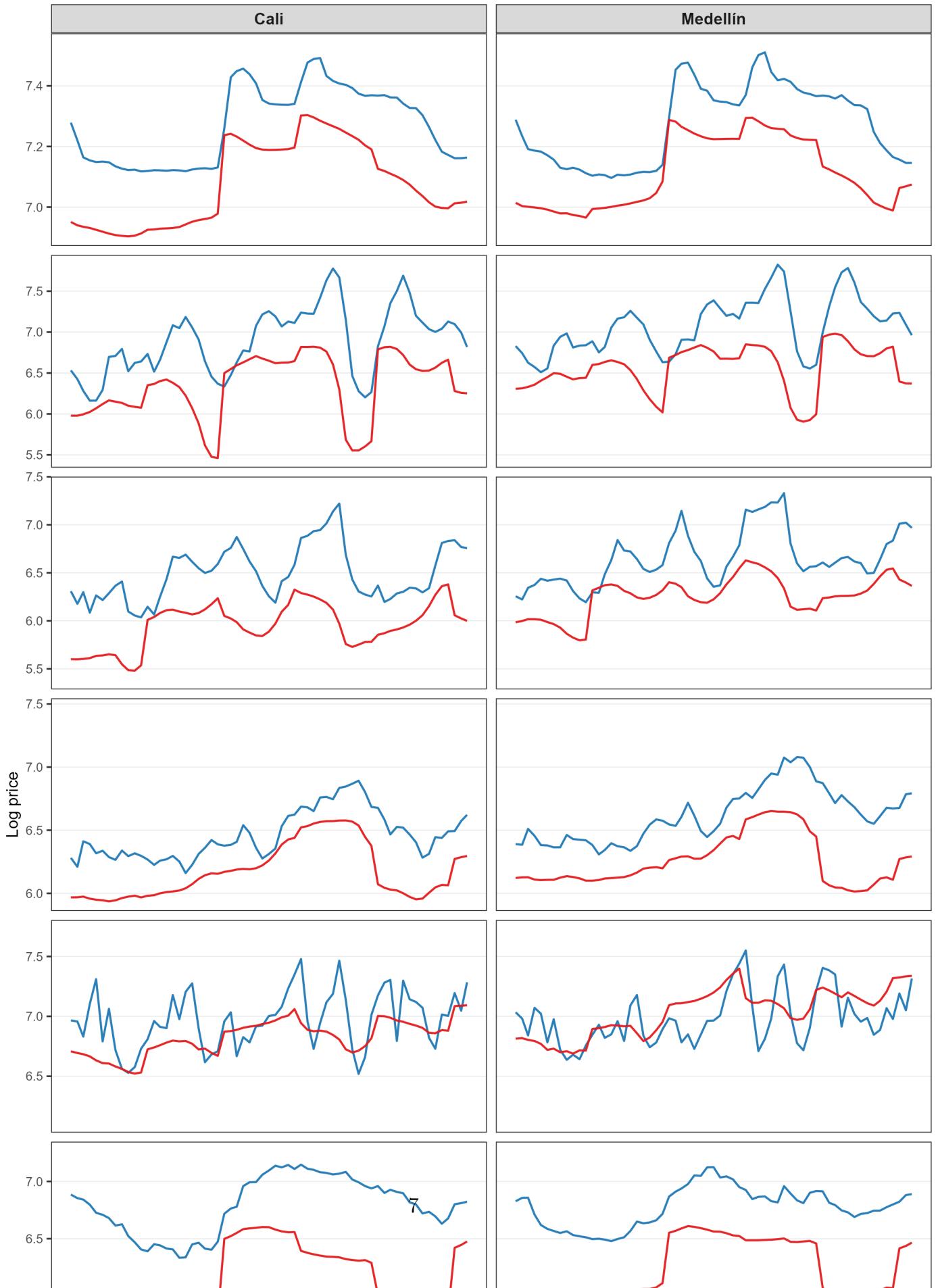
Los residuales estimados de esta ecuación se incorporan posteriormente en la especificación A-ECM como términos de corrección de error, permitiendo evaluar empíricamente la presencia de ajustes asimétricos en la transmisión de precios.

4 Resultados

4.1 Análisis de series de tiempo

4.1.1 Comportamiento de los precios minoristas y precios mayoristas

4.1.2 Pruebas de raíz unitaria



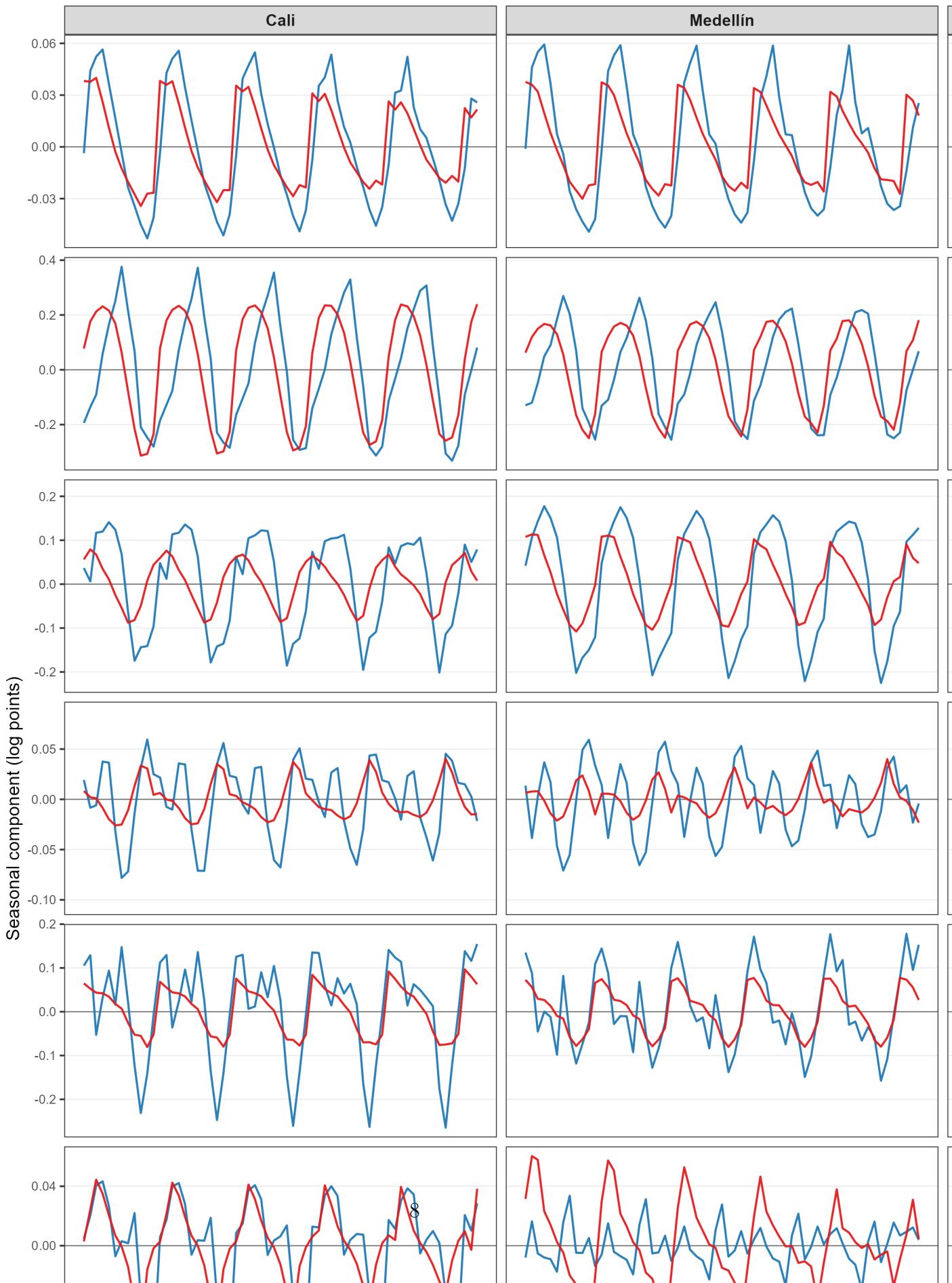


Table 5: Augmented Dickey Fuller tests on seasonally adjusted log retail prices (IPC). Notes: X 13 seasonal adjustment is applied to log price series; reported critical values correspond to the Dickey Fuller distribution. Significance: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.10.

City	Item	Specification	ADF statistic	CV 1%	CV 5%	CV 10%	N
05001	ARROZ PARA SECO	Intercept	-1.823	-3.510	-2.890	-2.580	63
05001	ARROZ PARA SECO	Intercept + trend	-1.141	-4.040	-3.450	-3.150	63
05001	CEBOLLA CABEZONA	Intercept	-3.502**	-3.510	-2.890	-2.580	63
05001	CEBOLLA CABEZONA	Intercept + trend	-4.328***	-4.040	-3.450	-3.150	63
05001	PAPA	Intercept	-2.657*	-3.510	-2.890	-2.580	63
05001	PAPA	Intercept + trend	-2.732	-4.040	-3.450	-3.150	63
05001	PLÁTANO	Intercept	-1.229	-3.510	-2.890	-2.580	63
05001	PLÁTANO	Intercept + trend	-1.667	-4.040	-3.450	-3.150	63
05001	TOMATE	Intercept	-3.859***	-3.510	-2.890	-2.580	63
05001	TOMATE	Intercept + trend	-4.602***	-4.040	-3.450	-3.150	63
05001	YUCA	Intercept	-1.425	-3.510	-2.890	-2.580	63
05001	YUCA	Intercept + trend	-1.906	-4.040	-3.450	-3.150	63
05001	ZANAHORIA	Intercept	-2.374	-3.510	-2.890	-2.580	63
05001	ZANAHORIA	Intercept + trend	-3.842**	-4.040	-3.450	-3.150	63
11001	ARROZ PARA SECO	Intercept	-1.755	-3.510	-2.890	-2.580	63
11001	ARROZ PARA SECO	Intercept + trend	-0.998	-4.040	-3.450	-3.150	63
11001	CEBOLLA CABEZONA	Intercept	-3.270**	-3.510	-2.890	-2.580	63
11001	CEBOLLA CABEZONA	Intercept + trend	-3.749**	-4.040	-3.450	-3.150	63
11001	PAPA	Intercept	-3.224**	-3.510	-2.890	-2.580	63
11001	PAPA	Intercept + trend	-3.171*	-4.040	-3.450	-3.150	63
11001	PLÁTANO	Intercept	-1.990	-3.510	-2.890	-2.580	63

City	Item	Specification	ADF statistic	CV 1%	CV 5%	CV 10%	N
11001	PLÁTANO	Intercept + trend	-2.266	-4.040	-3.450	-3.150	63
11001	TOMATE	Intercept	-3.684***	-3.510	-2.890	-2.580	63
11001	TOMATE	Intercept + trend	-4.022**	-4.040	-3.450	-3.150	63
11001	YUCA	Intercept	-0.822	-3.510	-2.890	-2.580	63
11001	YUCA	Intercept + trend	-0.786	-4.040	-3.450	-3.150	63
11001	ZANAHORIA	Intercept	-2.289	-3.510	-2.890	-2.580	63
11001	ZANAHORIA	Intercept + trend	-3.399*	-4.040	-3.450	-3.150	63
76001	ARROZ PARA SECO	Intercept	-1.883	-3.510	-2.890	-2.580	63
76001	ARROZ PARA SECO	Intercept + trend	-1.196	-4.040	-3.450	-3.150	63
76001	CEBOLLA CABEZONA	Intercept	-3.077**	-3.510	-2.890	-2.580	63
76001	CEBOLLA CABEZONA	Intercept + trend	-3.550**	-4.040	-3.450	-3.150	63
76001	PAPA	Intercept	-2.534	-3.510	-2.890	-2.580	63
76001	PAPA	Intercept + trend	-2.630	-4.040	-3.450	-3.150	63
76001	PLÁTANO	Intercept	-1.547	-3.510	-2.890	-2.580	63
76001	PLÁTANO	Intercept + trend	-1.757	-4.040	-3.450	-3.150	63
76001	TOMATE	Intercept	-3.541***	-3.510	-2.890	-2.580	63
76001	TOMATE	Intercept + trend	-3.929**	-4.040	-3.450	-3.150	63
76001	YUCA	Intercept	-1.119	-3.510	-2.890	-2.580	63
76001	YUCA	Intercept + trend	-1.322	-4.040	-3.450	-3.150	63
76001	ZANAHORIA	Intercept	-2.632*	-3.510	-2.890	-2.580	63
76001	ZANAHORIA	Intercept + trend	-4.054***	-4.040	-3.450	-3.150	63

Table 6: Augmented Dickey Fuller tests on seasonally adjusted log wholesale prices (SIPSA). Notes: X 13 seasonal adjustment is applied to log price series; reported critical values correspond to the Dickey Fuller distribution. Significance: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.10.

City	Item	Specification	ADF statistic	CV 1%	CV 5%	CV 10%	N
05001	Arroz de primera	Intercept	-1.461	-3.510	-	-2.580	63
					2.890		
05001	Arroz de primera	Intercept + trend	-0.984	-4.040	-	-3.150	63
					3.450		
05001	Cebolla cabezona blanca	Intercept	-2.888*	-3.510	-	-2.580	63
					2.890		
05001	Cebolla cabezona blanca	Intercept + trend	-2.666	-4.040	-	-3.150	63
					3.450		
05001	Papa capira	Intercept	-2.407	-3.510	-	-2.580	63
					2.890		
05001	Papa capira	Intercept + trend	-2.357	-4.040	-	-3.150	63
					3.450		
05001	Plátano hartón verde	Intercept	-1.465	-3.510	-	-2.580	63
					2.890		
05001	Plátano hartón verde	Intercept + trend	-1.437	-4.040	-	-3.150	63
					3.450		
05001	Tomate larga vida	Intercept	-1.229	-3.510	-	-2.580	63
					2.890		
05001	Tomate larga vida	Intercept + trend	-2.299	-4.040	-	-3.150	63
					3.450		
05001	Yuca ICA	Intercept	-1.425	-3.510	-	-2.580	63
					2.890		
05001	Yuca ICA	Intercept + trend	-1.516	-4.040	-	-3.150	63
					3.450		
05001	Zanahoria larga vida	Intercept	-2.182	-3.510	-	-2.580	63
					2.890		
05001	Zanahoria larga vida	Intercept + trend	-2.227	-4.040	-	-3.150	63
					3.450		
11001	Arroz de primera	Intercept	-1.350	-3.510	-	-2.580	63
					2.890		
11001	Arroz de primera	Intercept + trend	-1.010	-4.040	-	-3.150	63
					3.450		
11001	Cebolla cabezona blanca	Intercept	-2.875*	-3.510	-	-2.580	63
					2.890		
11001	Cebolla cabezona blanca	Intercept + trend	-2.723	-4.040	-	-3.150	63
					3.450		

City	Item	Specification	ADF statistic	CV 1%	CV 5%	CV 10%	N
11001	Papa R-12 negra	Intercept	-2.300	-3.510	-	-2.580	63
					2.890		
11001	Papa R-12 negra	Intercept + trend	-2.209	-4.040	-	-3.150	63
					3.450		
11001	Plátano hartón verde	Intercept	-1.881	-3.510	-	-2.580	63
					2.890		
11001	Plátano hartón verde	Intercept + trend	-1.980	-4.040	-	-3.150	63
					3.450		
11001	Tomate larga vida	Intercept	-1.673	-3.510	-	-2.580	63
					2.890		
11001	Tomate larga vida	Intercept + trend	-2.301	-4.040	-	-3.150	63
					3.450		
11001	Yuca llanera	Intercept	-1.588	-3.510	-	-2.580	63
					2.890		
11001	Yuca llanera	Intercept + trend	-1.550	-4.040	-	-3.150	63
					3.450		
11001	Zanahoria	Intercept	-2.036	-3.510	-	-2.580	63
					2.890		
11001	Zanahoria	Intercept + trend	-2.157	-4.040	-	-3.150	63
					3.450		
76001	Arroz de primera	Intercept	-1.361	-3.510	-	-2.580	63
					2.890		
76001	Arroz de primera	Intercept + trend	-0.573	-4.040	-	-3.150	63
					3.450		
76001	Cebolla cabezona blanca bogotana	Intercept	-2.792*	-3.510	-	-2.580	63
					2.890		
76001	Cebolla cabezona blanca bogotana	Intercept + trend	-2.660	-4.040	-	-3.150	63
					3.450		
76001	Papa capira	Intercept	-2.583*	-3.510	-	-2.580	63
					2.890		
76001	Papa capira	Intercept + trend	-2.487	-4.040	-	-3.150	63
					3.450		
76001	Plátano hartón verde	Intercept	-1.472	-3.510	-	-2.580	63
					2.890		
76001	Plátano hartón verde	Intercept + trend	-1.496	-4.040	-	-3.150	63
					3.450		
76001	Tomate larga vida	Intercept	-1.310	-3.510	-	-2.580	63
					2.890		
76001	Tomate larga vida	Intercept + trend	-2.336	-4.040	-	-3.150	63
					3.450		
76001	Yuca ICA	Intercept	-1.428	-3.510	-	-2.580	63
					2.890		

City	Item	Specification	ADF statistic	CV 1%	CV 5%	CV 10%	N
76001	Yuca ICA	Intercept + trend	-1.659	-4.040	-	-3.150	63
76001	Zanahoria bogotana	Intercept	-2.208	-3.510	-	-2.580	63
76001	Zanahoria bogotana	Intercept + trend	-2.419	-4.040	-	-3.150	63

4.2 Análisis de cointegración de Engle-Granger

Las Tablas X e Y reportan los resultados de los test de cointegración de Engle-Granger entre los precios minoristas (IPC) y mayoristas (SIPSA), expresados en logaritmos. Puesto que el estadístico dependen de la especificación, la longitud del rezago en la regresión “auxiliar” se selecciona de acuerdo con criterios de información (AIC y BIC). La Tabla X presenta los resultados cuando la selección del rezago óptimo se realiza a partir de una regresión ADF con constante (especificación “drift”). En contraste, la Tabla Y reporta los resultados correspondientes a una regresión ADF que incluye tanto la constante como la tendencia lineal. Finalmente, la inferencia final sobre la cointegración es implementada usando la función ‘coint.test’, que considera los valores críticos y p-valores de MacKinnon.

Table 7: Engle-Granger cointegration tests using seasonally adjusted log prices. Lag length selected by BIC from residual ADF regression with intercept.

City	Retail item (IPC)	Wholesale item (SIPSA)	Specification	EG statistic	p-value
Bogotá	ARROZ PARA SECO	Arroz de primera	type 1	-2.392	0.100
Bogotá	ARROZ PARA SECO	Arroz de primera	type 2	-0.212	0.100
Bogotá	CEBOLLA CABEZONA	Cebolla cabezona blanca	type 1	-2.400	0.100
Bogotá	CEBOLLA CABEZONA	Cebolla cabezona blanca	type 2	0.760	0.100
Bogotá	PAPA	Papa R-12 negra	type 1	-1.977	0.100
Bogotá	PAPA	Papa R-12 negra	type 2	-0.070	0.100
Bogotá	PLÁTANO	Plátano hartón verde	type 1	-2.307	0.100
Bogotá	PLÁTANO	Plátano hartón verde	type 2	0.626	0.100
Bogotá	TOMATE	Tomate larga vida	type 1	-4.015**	0.010
Bogotá	TOMATE	Tomate larga vida	type 2	0.042	0.100
Bogotá	YUCA	Yuca llanera	type 1	-1.512	0.100
Bogotá	YUCA	Yuca llanera	type 2	-1.411	0.100
Bogotá	ZANAHORIA	Zanahoria	type 1	-2.225	0.100
Bogotá	ZANAHORIA	Zanahoria	type 2	0.984	0.100
Cali	ARROZ PARA SECO	Arroz de primera	type 1	-4.331**	0.010
Cali	ARROZ PARA SECO	Arroz de primera	type 2	-0.141	0.100
Cali	CEBOLLA CABEZONA	Cebolla cabezona blanca bogotana	type 1	-2.817*	0.065
Cali	CEBOLLA CABEZONA	Cebolla cabezona blanca bogotana	type 2	0.725	0.100
Cali	PAPA	Papa capira	type 1	-2.404	0.100
Cali	PAPA	Papa capira	type 2	0.355	0.100
Cali	PLÁTANO	Plátano hartón verde	type 1	-2.480	0.100

Cali	PLÁTANO	Plátano hartón verde	type 2	0.861	0.100
Cali	TOMATE	Tomate larga vida	type 1	-4.810**	0.010
Cali	TOMATE	Tomate larga vida	type 2	-0.125	0.100
Cali	YUCA	Yuca ICA	type 1	-1.624	0.100
Cali	YUCA	Yuca ICA	type 2	-0.479	0.100
Cali	ZANAHORIA	Zanahoria bogotana	type 1	-2.276	0.100
Cali	ZANAHORIA	Zanahoria bogotana	type 2	1.047	0.100
Medellín	ARROZ PARA SECO	Arroz de primera	type 1	-2.850*	0.059
Medellín	ARROZ PARA SECO	Arroz de primera	type 2	-0.133	0.100
Medellín	CEBOLLA CABEZONA	Cebolla cabezona blanca	type 1	-2.418	0.100
Medellín	CEBOLLA CABEZONA	Cebolla cabezona blanca	type 2	0.817	0.100
Medellín	PAPA	Papa capira	type 1	-2.688*	0.085
Medellín	PAPA	Papa capira	type 2	0.440	0.100
Medellín	PLÁTANO	Plátano hartón verde	type 1	-1.666	0.100
Medellín	PLÁTANO	Plátano hartón verde	type 2	1.178	0.100
Medellín	TOMATE	Tomate larga vida	type 1	-4.018**	0.010
Medellín	TOMATE	Tomate larga vida	type 2	-0.063	0.100
Medellín	YUCA	Yuca ICA	type 1	-2.773*	0.071
Medellín	YUCA	Yuca ICA	type 2	0.151	0.100
Medellín	ZANAHORIA	Zanahoria larga vida	type 1	-2.006	0.100
Medellín	ZANAHORIA	Zanahoria larga vida	type 2	1.123	0.100

Table 8: Engle–Granger cointegration tests using seasonally adjusted log prices. Lag length selected by BIC from residual ADF regression with intercept and trend.

City	Retail item (IPC)	Wholesale item (SIPSA)	Specification	EG statistic	p-value
Bogotá	ARROZ PARA SECO	Arroz de primera	type 1	-2.392	0.100
Bogotá	ARROZ PARA SECO	Arroz de primera	type 2	-0.212	0.100
Bogotá	CEBOLLA CABEZONA	Cebolla cabezona blanca	type 1	-2.400	0.100
Bogotá	CEBOLLA CABEZONA	Cebolla cabezona blanca	type 2	0.760	0.100
Bogotá	PAPA	Papa R-12 negra	type 1	-1.977	0.100
Bogotá	PAPA	Papa R-12 negra	type 2	-0.070	0.100
Bogotá	PLÁTANO	Plátano hartón verde	type 1	-2.307	0.100
Bogotá	PLÁTANO	Plátano hartón verde	type 2	0.626	0.100
Bogotá	TOMATE	Tomate larga vida	type 1	-4.015**	0.010
Bogotá	TOMATE	Tomate larga vida	type 2	0.042	0.100
Bogotá	YUCA	Yuca llanera	type 1	-1.512	0.100
Bogotá	YUCA	Yuca llanera	type 2	-1.411	0.100
Bogotá	ZANAHORIA	Zanahoria	type 1	-2.225	0.100
Bogotá	ZANAHORIA	Zanahoria	type 2	0.984	0.100
Cali	ARROZ PARA SECO	Arroz de primera	type 1	-4.331**	0.010
Cali	ARROZ PARA SECO	Arroz de primera	type 2	-0.141	0.100
Cali	CEBOLLA CABEZONA	Cebolla cabezona blanca bogotana	type 1	-2.817*	0.065
Cali	CEBOLLA CABEZONA	Cebolla cabezona blanca bogotana	type 2	0.725	0.100
Cali	PAPA	Papa capira	type 1	-2.404	0.100
Cali	PAPA	Papa capira	type 2	0.355	0.100
Cali	PLÁTANO	Plátano hartón verde	type 1	-2.480	0.100
Cali	PLÁTANO	Plátano hartón verde	type 2	0.861	0.100
Cali	TOMATE	Tomate larga vida	type 1	-4.810**	0.010
Cali	TOMATE	Tomate larga vida	type 2	-0.125	0.100
Cali	YUCA	Yuca ICA	type 1	-1.624	0.100

Cali	YUCA	Yuca ICA	type 2	-0.479	0.100
Cali	ZANAHORIA	Zanahoria bogotana	type 1	-2.276	0.100
Cali	ZANAHORIA	Zanahoria bogotana	type 2	1.047	0.100
Medellín	ARROZ PARA SECO	Arroz de primera	type 1	-2.850*	0.059
Medellín	ARROZ PARA SECO	Arroz de primera	type 2	-0.133	0.100
Medellín	CEBOLLA CABEZONA	Cebolla cabezona blanca	type 1	-2.418	0.100
Medellín	CEBOLLA CABEZONA	Cebolla cabezona blanca	type 2	0.817	0.100
Medellín	PAPA	Papa capira	type 1	-2.688*	0.085
Medellín	PAPA	Papa capira	type 2	0.440	0.100
Medellín	PLÁTANO	Plátano hartón verde	type 1	-1.666	0.100
Medellín	PLÁTANO	Plátano hartón verde	type 2	1.178	0.100
Medellín	TOMATE	Tomate larga vida	type 1	-4.018**	0.010
Medellín	TOMATE	Tomate larga vida	type 2	-0.063	0.100
Medellín	YUCA	Yuca ICA	type 1	-2.773*	0.071
Medellín	YUCA	Yuca ICA	type 2	0.151	0.100
Medellín	ZANAHORIA	Zanahoria larga vida	type 1	-2.006	0.100
Medellín	ZANAHORIA	Zanahoria larga vida	type 2	1.123	0.100

Adicionalmente, se consideran dos especificaciones estándar del test de Engle-Granger. La especificación “type 1” corresponde a un modelo sin tendencia; y la especificación “type 2”, a un modelo con tendencia lineal. En conjunción con los resultados de las pruebas de raíz unitaria, los resultados de ambas tablas proporcionan evidencia en favor de la presencia de cointegración para los siguientes casos: en Cali, el arroz; en Medellín, el arroz, la papa y la yuca.

4.2.1 Modelo de Corrección de Error simétrico (ECM)

A partir de las pruebas de raíz unitaria y el test de cointegración, el análisis subsiguiente considera únicamente los siguientes cuatro alimentos: (1) arroz, (2) papa, (3) plátano y (4) yuca. La siguiente tabla presenta los resultados del modelo de corrección de error simétrico (ECM). La longitud del rezago fue seleccionada a partir de criterios de información (AIC y BIC).

4.3 Análisis de cointegración asimétrica

4.3.1 Modelo TAR (Threshold Autoregressive)

Sea P_t^{may} el **precio mayorista** (SIPSA) y P_t^{min} el **precio minorista** (IPC-DANE) en el período t . Trabajamos en logaritmos:

$$p_t^{may} = \ln(P_t^{may}), \quad p_t^{min} = \ln(P_t^{min}).$$

En la primera etapa del procedimiento de Engle-Granger se estima la relación de equilibrio de largo plazo entre precios mayoristas y minoristas:

Table 9: Long-run relationship between log retail prices (IPC) and log wholesale prices (SIPSA) by city and pair. The table reports the slope estimate (b), standard error, and p-value from the long-run regression.

city	articulo_ipc	b	se	p-value
Bogotá	ARROZ PARA SECO	0.8597756	0.0614694	0.00e+00
Cali	ARROZ PARA SECO	0.8672186	0.0418960	0.00e+00
Medellín	ARROZ PARA SECO	1.0053093	0.0689181	0.00e+00
Bogotá	PAPA	0.5335352	0.1115556	1.13e-05
Cali	PAPA	0.7583602	0.1221081	1.00e-07
Medellín	PAPA	1.0221967	0.1231101	0.00e+00
Bogotá	PLÁTANO	0.7423630	0.0843069	0.00e+00
Cali	PLÁTANO	0.7291643	0.0630687	0.00e+00
Medellín	PLÁTANO	0.7585014	0.0979122	0.00e+00
Bogotá	YUCA	0.4280256	0.0490270	0.00e+00
Cali	YUCA	0.5810043	0.0503080	0.00e+00
Medellín	YUCA	0.5375945	0.0446882	0.00e+00

Table 10: Error correction model (ECM) estimates for Cali. The ECM is estimated under the Enders restriction (same lag length for Δy and Δx , no contemporaneous Δx_t).

pair	term	b	se	p-value
ARROZ PARA SECO / Arroz de primera	NA	NA	NA	NA
NA	Intercept	0.0320478	0.0091674	0.0010582
NA	e_{t-1}	-0.2149072	0.0905619	0.0218769
NA	Δy_{t-1}	0.2929300	0.0967138	0.0040174
NA	Δx_{t-1}	0.3316908	0.1119224	0.0048029
PAPA / Papa capira	NA	NA	NA	NA
NA	Intercept	0.0895944	0.0487491	0.0725450
NA	e_{t-1}	-0.3879246	0.0877859	0.0000599
NA	Δy_{t-1}	0.3403183	0.1212268	0.0073043
NA	Δx_{t-1}	-0.2667158	0.2080773	0.2063322
PLÁTANO / Plátano hartón verde	NA	NA	NA	NA
NA	Intercept	0.0117105	0.0233113	0.6179826
NA	e_{t-1}	-0.1581900	0.0879040	0.0789469
NA	Δy_{t-1}	-0.0584523	0.1277311	0.6495294
NA	Δy_{t-2}	-0.1136876	0.1203972	0.3503070
NA	Δx_{t-1}	0.2810099	0.1623921	0.0907235
NA	Δx_{t-2}	0.2772650	0.1585799	0.0875273
YUCA / Yuca ICA	NA	NA	NA	NA
NA	Intercept	0.0733991	0.0224783	0.0020685
NA	e_{t-1}	-0.1847803	0.0567201	0.0021138
NA	Δy_{t-1}	0.1698592	0.1505081	0.2649302
NA	Δx_{t-1}	-0.0315605	0.0707228	0.6575051

$$p_t^{may} = \alpha_0 + \alpha_1 p_t^{min} + \mu_t,$$

Table 11: Error correction model (ECM) estimates for Bogotá. The ECM is estimated under the Enders restriction (same lag length for Δy and Δx , no contemporaneous Δx_t).

pair	term	b	se	p-value
ARROZ PARA SECO / Arroz de primera	NA	NA	NA	NA
NA	Intercept	0.0211261	0.0081628	0.0128737
NA	e_{t-1}	-0.1094686	0.0604712	0.0767906
NA	Δy_{t-1}	0.3811162	0.0884717	0.0000858
NA	Δx_{t-1}	0.3406157	0.0981641	0.0011424
PAPA / Papa R-12 negra	NA	NA	NA	NA
NA	Intercept	0.0641157	0.0345081	0.0695773
NA	e_{t-1}	-0.1753690	0.0614762	0.0064760
NA	Δy_{t-1}	0.5036602	0.1031149	0.0000129
NA	Δx_{t-1}	0.1550001	0.1345910	0.2554203
PLÁTANO / Plátano hartón verde	NA	NA	NA	NA
NA	Intercept	0.0358186	0.0294343	0.2298490
NA	e_{t-1}	-0.2977576	0.0935277	0.0026091
NA	Δy_{t-1}	0.2119419	0.1328323	0.1174355
NA	Δx_{t-1}	0.1607904	0.2152965	0.4589652
YUCA / Yuca llanera	NA	NA	NA	NA
NA	Intercept	0.0291810	0.0235763	0.2220978
NA	e_{t-1}	-0.1983702	0.0783679	0.0148474
NA	Δy_{t-1}	0.1140003	0.1333491	0.3970369
NA	Δx_{t-1}	0.0073602	0.0901300	0.9352695

donde μ_t es el residuo que captura el **desequilibrio** respecto al equilibrio de largo plazo. Si existe cointegración, μ_t es un proceso estacionario.

El modelo TAR (Threshold Autoregressive) permite que la velocidad de ajuste hacia el equilibrio dependa del **signo del desequilibrio**. La dinámica del residuo se especifica como:

$$\Delta \mu_t = I_t \rho_1 \mu_{t-1} + (1 - I_t) \rho_2 \mu_{t-1} + \varepsilon_t,$$

donde ε_t es un término de error con media cero y varianza constante, y la función indicadora tipo Heaviside se define como:

$$I_t = \begin{cases} 1 & \text{si } \mu_{t-1} \geq \tau, \\ 0 & \text{si } \mu_{t-1} < \tau. \end{cases}$$

Siguiendo a Enders y Siklos, en la mayoría de aplicaciones empíricas se fija $\tau = 0$, de modo que el umbral coincide con el equilibrio de largo plazo.

El sistema converge al equilibrio si $\rho_1 < 0$, $\rho_2 < 0$ y $(1 + \rho_1)(1 + \rho_2) < 1$. El ajuste es **simétrico** únicamente cuando $\rho_1 = \rho_2$, caso en el cual el modelo TAR se reduce al modelo lineal estandar de corrección de errores del enfoque Engle–Granger.

Table 12: Error correction model (ECM) estimates for Medellín. The ECM is estimated under the Enders restriction (same lag length for Δy and Δx , no contemporaneous Δx_t).

pair	term	b	se	p-value
ARROZ PARA SECO / Arroz de primera	NA	NA	NA	NA
NA	Intercept	0.0298102	0.0106044	0.0072308
NA	e_{t-1}	-0.1594146	0.0694176	0.0262540
NA	Δy_{t-1}	0.3516071	0.1018648	0.0012051
NA	Δx_{t-1}	0.3294578	0.1436373	0.0264265
PAPA / Papa capira	NA	NA	NA	NA
NA	Intercept	0.1524624	0.0388060	0.0002845
NA	e_{t-1}	-0.4447105	0.0857008	0.0000046
NA	Δy_{t-1}	0.3041604	0.1085970	0.0074302
NA	Δx_{t-1}	-0.3303416	0.2204563	0.1408494
PLÁTANO / Plátano hartón verde	NA	NA	NA	NA
NA	Intercept	0.0061420	0.0241712	0.8005463
NA	e_{t-1}	-0.1026900	0.0511828	0.0507202
NA	Δy_{t-1}	0.1281623	0.1315426	0.3350022
NA	Δx_{t-1}	0.2369336	0.1336452	0.0828742
YUCA / Yuca ICA	NA	NA	NA	NA
NA	Intercept	0.0290916	0.0190291	0.1331632
NA	e_{t-1}	-0.1737341	0.0642461	0.0095656
NA	Δy_{t-1}	0.2168052	0.1246585	0.0886895
NA	Δx_{t-1}	0.1433950	0.0725168	0.0540063

4.3.2 Modelo M-TAR (Momentum Threshold Autoregressive)

Una extensión del modelo TAR es el modelo M-TAR, en el cual el régimen de ajuste depende de la **dirección del cambio** del desequilibrio en el período anterior, y no de su nivel.

El modelo M-TAR se especifica como:

$$\Delta \mu_t = M_t \rho_1 \mu_{t-1} + (1 - M_t) \rho_2 \mu_{t-1} + \varepsilon_t,$$

donde la función indicadora M_t se define como:

$$M_t = \begin{cases} 1 & \text{si } \Delta \mu_{t-1} \geq \tau, \\ 0 & \text{si } \Delta \mu_{t-1} < \tau. \end{cases}$$

En aplicaciones empíricas suele fijarse $\tau = 0$, aunque el umbral también puede estimarse de manera consistente siguiendo el procedimiento propuesto por Chan (1993).

El modelo M-TAR permite capturar ajustes asimétricos asociados al **momentum del desequilibrio**, es decir, respuestas distintas cuando la brecha entre precios mayoristas y minoristas se está ampliando ($\Delta \mu_{t-1} \geq 0$) frente a cuando se está cerrando ($\Delta \mu_{t-1} < 0$). La cointegración con ajuste M-TAR se verifica cuando $\rho_1 < 0$ y $\rho_2 < 0$, indicando convergencia al equilibrio de largo plazo con dinámica no lineal.

4.3.3 Table 7 – MEDELLÍN – ARROZ PARA SECO

Row	Engle–Granger (IPC dep)	Threshold	Momentum	Momentum-consistent
rho1	-0.1921 (-2.907)	-0.1646 (-1.699)	-0.0749 (-0.637)	-0.0227 (-0.330)
rho2	NA	-0.1903 (-1.838)	-0.2197 (-2.384)	-0.7764 (-6.442)
gamma1	0.3260 (3.446)	NA	NA	0.2286 (2.241)
gamma2	0.3702 (2.769)	NA	NA	NA
AIC	-200.301	-161.213	-159.965	-186.025
Phi	NA	3.133	3.044	20.753
rho1 = rho2	NA	0.033 (0.857)	0.938 (0.337)	30.423 (0.000)

4.3.4 Table 7 – MEDELLÍN – CEBOLLA CABEZONA

Row	Engle–Granger (IPC dep)	Threshold	Momentum	Momentum-consistent
rho1	-0.2747 (-4.272)	-0.2071 (-2.324)	-0.1949 (-2.245)	0.0424 (0.336)
rho2	NA	-0.2939 (-2.974)	-0.3164 (-3.116)	-0.3345 (-4.624)
gamma1	0.4834 (4.911)	0.4519 (3.854)	0.4481 (3.838)	0.3978 (3.528)
gamma2	0.0458 (0.419)	NA	NA	NA
AIC	-12.294	11.949	11.514	5.450
Phi	NA	6.826	7.083	10.854
rho1 = rho2	NA	0.445 (0.507)	0.864 (0.356)	7.016 (0.010)

4.3.5 Table 7 – MEDELLÍN – PAPA

Row	Engle–Granger (IPC dep)	Threshold	Momentum	Momentum-consistent
rho1	-0.5054 (-5.686)	-0.2641 (-2.486)	-0.3199 (-3.149)	-0.6100 (-4.549)
rho2	NA	-0.3304 (-3.022)	-0.2650 (-2.289)	-0.1792 (-2.115)
gamma1	0.3311 (3.052)	0.4028 (3.336)	0.4073 (3.370)	0.4678 (4.046)
gamma2	-0.3732 (-1.689)	NA	NA	NA
AIC	-25.959	-13.556	-13.486	-21.082
Phi	NA	7.239	7.198	11.998
rho1 = rho2	NA	0.201 (0.656)	0.134 (0.715)	7.844 (0.007)

4.3.6 Table 7 – MEDELLÍN – PLÁTANO

Row	Engle–Granger (IPC dep)	Threshold	Momentum	Momentum-consistent
rho1	-0.1230 (-2.333)	-0.0810 (-1.120)	-0.1777 (-2.090)	-0.1698 (-2.955)

rho2	NA	-0.1253 (-1.400)	-0.0399 (-0.530)	0.2887 (2.120)
gamma1	0.1531 (1.301)	NA	NA	NA
gamma2	0.2554 (1.840)	NA	NA	NA
AIC	-97.081	-77.564	-77.707	-85.419
Phi	NA	1.608	2.324	6.613
rho1 = rho2	NA	0.148 (0.701)	1.470 (0.230)	9.619 (0.003)

4.3.7 Table 7 – BOGOTÁ – ARROZ PARA SECO

Row	Engle–Granger (IPC dep)	Threshold	Momentum	Momentum-consistent
rho1	-0.1386 (-2.457)	-0.1151 (-1.109)	-0.1491 (-1.034)	-0.0035 (-0.050)
rho2	NA	-0.2229 (-2.127)	-0.1653 (-1.875)	-0.8222 (-6.618)
gamma1	0.3814 (4.775)	NA	NA	0.2938 (2.770)
gamma2	0.3685 (3.950)	NA	NA	NA
AIC	-235.106	-168.855	-166.018	-194.021
Phi	NA	2.877	2.293	21.954
rho1 = rho2	NA	0.534 (0.468)	0.009 (0.924)	34.701 (0.000)

4.3.8 Table 7 – BOGOTÁ – CEBOLLA CABEZONA

Row	Engle–Granger (IPC dep)	Threshold	Momentum	Momentum-consistent
rho1	-0.2597 (-3.941)	-0.2105 (-2.351)	-0.1124 (-1.343)	-0.1268 (-1.695)
rho2	NA	-0.2724 (-2.838)	-0.4039 (-4.257)	-0.4890 (-4.458)
gamma1	0.4283 (4.350)	0.4378 (3.725)	0.4259 (3.784)	0.4370 (3.952)
gamma2	0.1124 (1.079)	NA	NA	NA
AIC	4.513	26.524	21.218	19.140
Phi	NA	6.525	9.754	11.097
rho1 = rho2	NA	0.232 (0.632)	5.524 (0.022)	7.725 (0.007)

4.3.9 Table 7 – BOGOTÁ – PAPA

Row	Engle–Granger (IPC dep)	Threshold	Momentum	Momentum-consistent
rho1	-0.2470 (-4.069)	-0.1902 (-2.483)	-0.2850 (-3.684)	-0.1641 (-2.756)
rho2	NA	-0.2110 (-2.616)	-0.2046 (-2.329)	-0.4001 (-2.940)
gamma1	0.5208 (5.487)	0.5307 (4.784)	0.4483 (3.829)	0.5423 (4.987)
gamma2	0.0069 (0.054)	NA	0.2555 (1.962)	NA
AIC	-53.485	-34.970	-36.600	-37.595

Phi	NA	6.303	8.593	7.855
rho1 = rho2	NA	0.036 (0.850)	0.534 (0.468)	2.588 (0.113)

4.3.10 Table 7 – BOGOTÁ – PLÁTANO

Row	Engle–Granger (IPC dep)	Threshold	Momentum	Momentum-consistent
rho1	-0.3913 (-4.683)	-0.1312 (-1.461)	-0.1233 (-1.166)	-0.1555 (-1.545)
rho2	NA	-0.5143 (-4.200)	-0.3174 (-2.966)	-0.3958 (-3.546)
gamma1	0.2102 (1.851)	0.2876 (2.369)	NA	0.2559 (2.060)
gamma2	-0.0385 (-0.237)	NA	NA	NA
AIC	-77.433	-70.541	-63.948	-66.669
Phi	NA	9.629	5.077	7.254
rho1 = rho2	NA	6.652 (0.012)	1.665 (0.202)	2.676 (0.107)

4.3.11 Table 7 – CALI – ARROZ PARA SECO

Row	Engle–Granger (IPC dep)	Threshold	Momentum	Momentum-consistent
rho1	-0.2690 (-3.195)	-0.2393 (-2.130)	-0.0425 (-0.263)	0.0706 (0.893)
rho2	NA	-0.3612 (-2.930)	-0.3741 (-3.635)	-0.9296 (-8.608)
gamma1	0.2718 (2.881)	NA	NA	NA
gamma2	0.3415 (3.138)	NA	NA	NA
AIC	-215.004	-181.541	-181.317	-218.924
Phi	NA	6.559	6.640	37.447
rho1 = rho2	NA	0.535 (0.468)	2.988 (0.089)	55.830 (0.000)

4.3.12 Table 7 – CALI – CEBOLLA CABEZONA

Row	Engle–Granger (IPC dep)	Threshold	Momentum	Momentum-consistent
rho1	-0.3695 (-4.937)	-0.3078 (-2.896)	-0.0902 (-0.655)	-0.1097 (-0.691)
rho2	NA	-0.3833 (-3.437)	-0.6034 (-3.929)	-0.3970 (-4.586)
gamma1	0.4266 (4.136)	0.3752 (3.131)	0.3326 (2.452)	0.3246 (2.701)
gamma2	-0.0582 (-0.534)	0.2050 (1.581)	0.0899 (0.685)	0.1917 (1.510)
AIC	17.438	36.763	23.092	34.013
Phi	NA	8.792	8.303	10.518
rho1 = rho2	NA	0.283 (0.597)	10.573 (0.002)	2.923 (0.093)

4.3.13 Table 7 – CALI – PAPA

Row	Engle–Granger (IPC dep)	Threshold	Momentum	Momentum-consistent
rho1	-0.4127 (-4.558)	-0.3070 (-2.978)	-0.3279 (-3.256)	-0.4434 (-3.921)
rho2	NA	-0.3295 (-2.910)	-0.3016 (-2.573)	-0.2211 (-2.205)
gamma1	0.2515 (2.248)	0.3058 (2.518)	0.3079 (2.528)	0.3282 (2.742)
gamma2	-0.2155 (-0.988)	0.2955 (2.324)	0.2951 (2.320)	0.2740 (2.189)
AIC	-10.410	-2.270	-2.279	-4.839
Phi	NA	7.608	7.614	9.166
rho1 = rho2	NA	0.025 (0.875)	0.033 (0.856)	2.477 (0.121)

4.3.14 Table 7 – CALI – PLÁTANO

Row	Engle–Granger (IPC dep)	Threshold	Momentum	Momentum-consistent
rho1	-0.3010 (-3.450)	-0.1871 (-1.695)	-0.2429 (-2.340)	-0.2561 (-2.844)
rho2	NA	-0.1285 (-1.063)	-0.0225 (-0.170)	0.1657 (1.062)
gamma1	0.1058 (0.922)	-0.0264 (-0.209)	-0.0236 (-0.190)	-0.0458 (-0.380)
gamma2	0.1964 (1.106)	-0.1801 (-1.454)	-0.2287 (-1.790)	-0.2521 (-2.076)
AIC	-90.001	-80.531	-82.300	-86.490
Phi	NA	1.845	2.738	4.962
rho1 = rho2	NA	0.142 (0.708)	1.821 (0.183)	6.004 (0.017)

4.3.15 Modelo de Corrección de Error Asimétrico (A-ECM)

Sea P_t^{may} el **precio mayorista** (SIPSA) y P_t^{min} el **precio minorista** (IPC–DANE) en el período t . Trabajamos en logaritmos:

$$p_t^{may} = \ln(P_t^{may}), \quad p_t^{min} = \ln(P_t^{min}). \quad (1)$$

En la primera etapa (Engle–Granger) se estima la relación de equilibrio de largo plazo:

$$p_t^{may} = \alpha_0 + \alpha_1 p_t^{min} + \mu_t, \quad (2)$$

donde μ_t es el residuo (desequilibrio) respecto al equilibrio.

Para construir el A-ECM asimétrico, se usa el umbral M-TAR τ_x (estimado previamente) con base en el *momentum* del desequilibrio:

$$M_t = \begin{cases} 1 & \text{si } \Delta\mu_{t-1} \geq \tau_x, \\ 0 & \text{si } \Delta\mu_{t-1} < \tau_x. \end{cases} \quad (3)$$

y se definen los términos de corrección de error asimétricos:

$$\mu_{t-1}^- = M_t \mu_{t-1}, \quad \mu_{t-1}^+ = (1 - M_t) \mu_{t-1}. \quad (4)$$

El sistema A-ECM (con intercepto) para Δp_t^{may} y Δp_t^{min} se especifica como:

$$\Delta p_t^{may} = c_1 + \sum_{j=1}^k a_{11,j} \Delta p_{t-j}^{may} + \sum_{j=1}^k a_{12,j} \Delta p_{t-j}^{min} + \lambda_1^- \mu_{t-1}^- + \lambda_1^+ \mu_{t-1}^+ + u_{1t}, \quad (5)$$

$$\Delta p_t^{min} = c_2 + \sum_{j=1}^k a_{21,j} \Delta p_{t-j}^{may} + \sum_{j=1}^k a_{22,j} \Delta p_{t-j}^{min} + \lambda_2^- \mu_{t-1}^- + \lambda_2^+ \mu_{t-1}^+ + u_{2t}. \quad (6)$$

Los coeficientes λ_1^- , λ_1^+ , λ_2^- , λ_2^+ capturan velocidades de ajuste diferentes según el régimen (cuando el desequilibrio venía aumentando o disminuyendo). Adicionalmente, se reportan pruebas F sobre la dinámica de corto plazo: restricciones tipo $A_{ij}(L) = 0$ (rezagos conjuntos) en cada ecuación.

4.4 A-ECM (minorista en función de mayorista) – BOGOTÁ – ARROZ PARA SECO

4.4.1 cod_mun: 11001 | articulo_ipc: ARROZ PARA SECO

p_ECM (rezagos corto plazo) = 1

τ_x (umbral M-TAR) = -0.02072

$$\begin{aligned} \Delta p_t^{min} = & -0.001 (-0.24) \\ & + 0.405 \Delta p_{t-1}^{min} (4.45) \\ & + 0.391 \Delta p_{t-1}^{may} (4.40) \\ & - 0.120 \mu_{t-1}^+ (-0.74) \\ & + 0.131 \mu_{t-1}^- (2.34) \\ & + \varepsilon_t \end{aligned}$$

item	value
p_ECM	1
τ_x	-0.02072
1 (M-TAR)	-0.0035
2 (M-TAR)	-0.8222
p_M-TAR	1
—	—

a1: $\Delta p^{\wedge\{min\}}_{-}\{t-1\}$	0.405 (4.45)
b1: $\Delta p^{\wedge\{may\}}_{-}\{t-1\}$	0.391 (4.40)
+: $\wedge\{+\}_{-}\{t-1\}$	-0.120 (-0.74)
-: $\wedge\{-\}_{-}\{t-1\}$	0.131 (2.34)

Ljung-Box: $p(Q(8)) = 0.931$

4.5 A-ECM (minorista en función de mayorista) – BOGOTÁ – CEBOLLA CABEZONA

4.5.1 cod_mun: 11001 | articulo_ipc: CEBOLLA CABEZONA

p_{-} ECM (rezagos corto plazo) = 1

τ_x (umbral M-TAR) = -0.08270

$$\begin{aligned} \Delta p_t^{min} &= 0.013 (0.75) \\ &+ 0.198 \Delta p_{t-1}^{min} (1.75) \\ &+ 0.217 \Delta p_{t-1}^{may} (2.27) \\ &+ 0.472 \mu_{t-1}^+ (3.94) \\ &+ 0.122 \mu_{t-1}^- (1.36) \\ &+ \varepsilon_t \end{aligned}$$

item	value
p_ECM	1
_x	-0.08270
1 (M-TAR)	-0.1268
2 (M-TAR)	-0.4890
p_M-TAR	1
—	—
a1: $\Delta p^{\wedge\{min\}}_{-}\{t-1\}$	0.198 (1.75)
b1: $\Delta p^{\wedge\{may\}}_{-}\{t-1\}$	0.217 (2.27)
+: $\wedge\{+\}_{-}\{t-1\}$	0.472 (3.94)
-: $\wedge\{-\}_{-}\{t-1\}$	0.122 (1.36)

Ljung-Box: $p(Q(8)) = 0.945$

4.6 A-ECM (minorista en función de mayorista) – BOGOTÁ – PAPA

4.6.1 cod_mun: 11001 | articulo_ipc: PAPA

p_ECM (rezagos corto plazo) = 1

τ_x (umbral M-TAR) = -0.09232

$$\begin{aligned}\Delta p_t^{min} = & 0.003 (0.27) \\ & + 0.339 \Delta p_{t-1}^{min} (3.08) \\ & + 0.200 \Delta p_{t-1}^{may} (1.72) \\ & + 0.229 \mu_{t-1}^+ (1.27) \\ & + 0.177 \mu_{t-1}^- (2.67) \\ & + \varepsilon_t\end{aligned}$$

item	value
p_ECM	1
τ_x	-0.09232
1 (M-TAR)	-0.1641
2 (M-TAR)	-0.4001
p_M-TAR	1
—	—
a1: $\Delta p^{\hat{min}}_{t-1}$	0.339 (3.08)
b1: $\Delta p^{\hat{may}}_{t-1}$	0.200 (1.72)
+: $\hat{+}_{t-1}$	0.229 (1.27)
-: $\hat{-}_{t-1}$	0.177 (2.67)

Ljung-Box: $p(Q(8)) = 0.868$

4.7 A-ECM (minorista en función de mayorista) – BOGOTÁ – PLÁTANO

4.7.1 cod_mun: 11001 | articulo_ipc: PLÁTANO

p_ECM (rezagos corto plazo) = 0

τ_x (umbral M-TAR) = -0.01472

$$\begin{aligned}\Delta p_t^{min} = & 0.012 (1.38) \\ & + 0.468 \mu_{t-1}^+ (4.59) \\ & + 0.328 \mu_{t-1}^- (3.72) \\ & + \varepsilon_t\end{aligned}$$

item	value
p_ECM	0
_x	-0.01472
1 (M-TAR)	-0.1555
2 (M-TAR)	-0.3958
p_M-TAR	1
—	—
+ : $\hat{\Delta p}^{\{+}\}_{t-1}$	0.468 (4.59)
- : $\hat{\Delta p}^{\{-}\}_{t-1}$	0.328 (3.72)

Ljung-Box: $p(Q(8)) = 0.683$

4.8 A-ECM (minorista en función de mayorista) – CALI – ARROZ PARA SECO

4.8.1 cod_mun: 76001 | articulo_ipc: ARROZ PARA SECO

p_{ECM} (rezagos corto plazo) = 1

τ_x (umbral M-TAR) = -0.01201

$$\begin{aligned}\Delta p_t^{min} = & -0.002 (-0.57) \\ & + 0.227 \Delta p_{t-1}^{min} (2.34) \\ & + 0.388 \Delta p_{t-1}^{may} (3.58) \\ & + 0.070 \mu_{t-1}^+ (0.33) \\ & + 0.233 \mu_{t-1}^- (2.78) \\ & + \varepsilon_t\end{aligned}$$

item	value
p_ECM	1
_x	-0.01201
1 (M-TAR)	0.0706
2 (M-TAR)	-0.9296
p_M-TAR	0
—	—
a1: $\Delta p^{\{min\}}_{t-1}$	0.227 (2.34)
b1: $\Delta p^{\{may\}}_{t-1}$	0.388 (3.58)
+ : $\hat{\Delta p}^{\{+}\}_{t-1}$	0.070 (0.33)
- : $\hat{\Delta p}^{\{-}\}_{t-1}$	0.233 (2.78)

Ljung-Box: $p(Q(8)) = 0.396$

4.9 A-ECM (minorista en función de mayorista) – CALI – CE-BOLLA CABEZONA

4.9.1 cod_mun: 76001 | articulo_ipc: CEBOLLA CABEZONA

p_ECM (rezagos corto plazo) = 1

τ_x (umbral M-TAR) = 0.16020

$$\begin{aligned}\Delta p_t^{min} = & 0.009 (0.44) \\ & + 0.299 \Delta p_{t-1}^{min} (2.47) \\ & + 0.326 \Delta p_{t-1}^{may} (2.25) \\ & + 0.248 \mu_{t-1}^+ (2.70) \\ & - 0.400 \mu_{t-1}^- (-1.34) \\ & + \varepsilon_t\end{aligned}$$

item	value
p_ECM	1
τ_x	0.16020
1 (M-TAR)	-0.1097
2 (M-TAR)	-0.3970
p_M-TAR	2
—	—
a1: $\Delta p^{\hat{min}}_{t-1}$	0.299 (2.47)
b1: $\Delta p^{\hat{may}}_{t-1}$	0.326 (2.25)
+: $\hat{+}_{t-1}$	0.248 (2.70)
-: $\hat{-}_{t-1}$	-0.400 (-1.34)

Ljung-Box: p(Q(8)) = 0.059

4.10 A-ECM (minorista en función de mayorista) – CALI – PAPA

4.10.1 cod_mun: 76001 | articulo_ipc: PAPA

p_ECM (rezagos corto plazo) = 0

τ_x (umbral M-TAR) = 0.11525

$$\begin{aligned}\Delta p_t^{min} = & 0.009 (0.64) \\ & + 0.491 \mu_{t-1}^+ (6.05) \\ & - 0.066 \mu_{t-1}^- (-0.19) \\ & + \varepsilon_t\end{aligned}$$

item	value
p_ECM	0
_x	0.11525
1 (M-TAR)	-0.4434
2 (M-TAR)	-0.2211
p_M-TAR	2
—	—
+ : $\hat{\{+}\}_{t-1}$	0.491 (6.05)
- : $\hat{\{-}\}_{t-1}$	-0.066 (-0.19)

Ljung-Box: $p(Q(8)) = 0.643$

4.11 A-ECM (minorista en función de mayorista) – CALI – PLÁTANO

4.11.1 cod_mun: 76001 | articulo_ipc: PLÁTANO

p_{ECM} (rezagos corto plazo) = 4

τ_x (umbral M-TAR) = -0.04671

$$\begin{aligned}
 \Delta p_t^{min} = & -0.001 \quad (-0.09) \\
 & + 0.088 \Delta p_{t-1}^{min} \quad (0.73) \\
 & - 0.279 \Delta p_{t-2}^{min} \quad (-2.32) \\
 & + 0.030 \Delta p_{t-3}^{min} \quad (0.29) \\
 & - 0.406 \Delta p_{t-4}^{min} \quad (-4.01) \\
 & + 0.406 \Delta p_{t-1}^{may} \quad (2.60) \\
 & + 0.178 \Delta p_{t-2}^{may} \quad (1.20) \\
 & - 0.130 \Delta p_{t-3}^{may} \quad (-0.72) \\
 & + 0.065 \Delta p_{t-4}^{may} \quad (0.33) \\
 & + 0.090 \mu_{t-1}^+ \quad (0.60) \\
 & + 0.285 \mu_{t-1}^- \quad (3.64) \\
 & + \varepsilon_t
 \end{aligned}$$

item	value
p_ECM	4
_x	-0.04671
1 (M-TAR)	-0.2561
2 (M-TAR)	0.1657

p_M-TAR	2
—	—
a1: $\Delta p^{\wedge\{\min\}}_{-}\{t-1\}$	0.088 (0.73)
a2: $\Delta p^{\wedge\{\min\}}_{-}\{t-2\}$	-0.279 (-2.32)
a3: $\Delta p^{\wedge\{\min\}}_{-}\{t-3\}$	0.030 (0.29)
a4: $\Delta p^{\wedge\{\min\}}_{-}\{t-4\}$	-0.406 (-4.01)
b1: $\Delta p^{\wedge\{\text{may}\}}_{-}\{t-1\}$	0.406 (2.60)
b2: $\Delta p^{\wedge\{\text{may}\}}_{-}\{t-2\}$	0.178 (1.20)
b3: $\Delta p^{\wedge\{\text{may}\}}_{-}\{t-3\}$	-0.130 (-0.72)
b4: $\Delta p^{\wedge\{\text{may}\}}_{-}\{t-4\}$	0.065 (0.33)
+: $\wedge\{+\}_{-}\{t-1\}$	0.090 (0.60)
-: $\wedge\{-\}_{-}\{t-1\}$	0.285 (3.64)

Ljung-Box: $p(Q(8)) = 0.866$