

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 SIPSA wholesale price dataset (2013–2018)

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

3 Metodología

3.1 Mapeo IPC–SIPSA

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 SIPSA (en adelante, **mapeo IPC–SIPSA**). 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 SIPSA se identifica un alimento equivalente dentro de la canasta del IPC. A continuación, se presenta el mapeo IPC–SIPSA.

Table 3: Mapeo IPC-SIPSA

| 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 cabeza blanca | 05001 | 63 | 63 |
| CEBOLLA CABEZONA | Cebolla cabeza blanca | 11001 | 63 | 63 |
| CEBOLLA CABEZONA | Cebolla cabeza 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)

Seguendo 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.

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

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

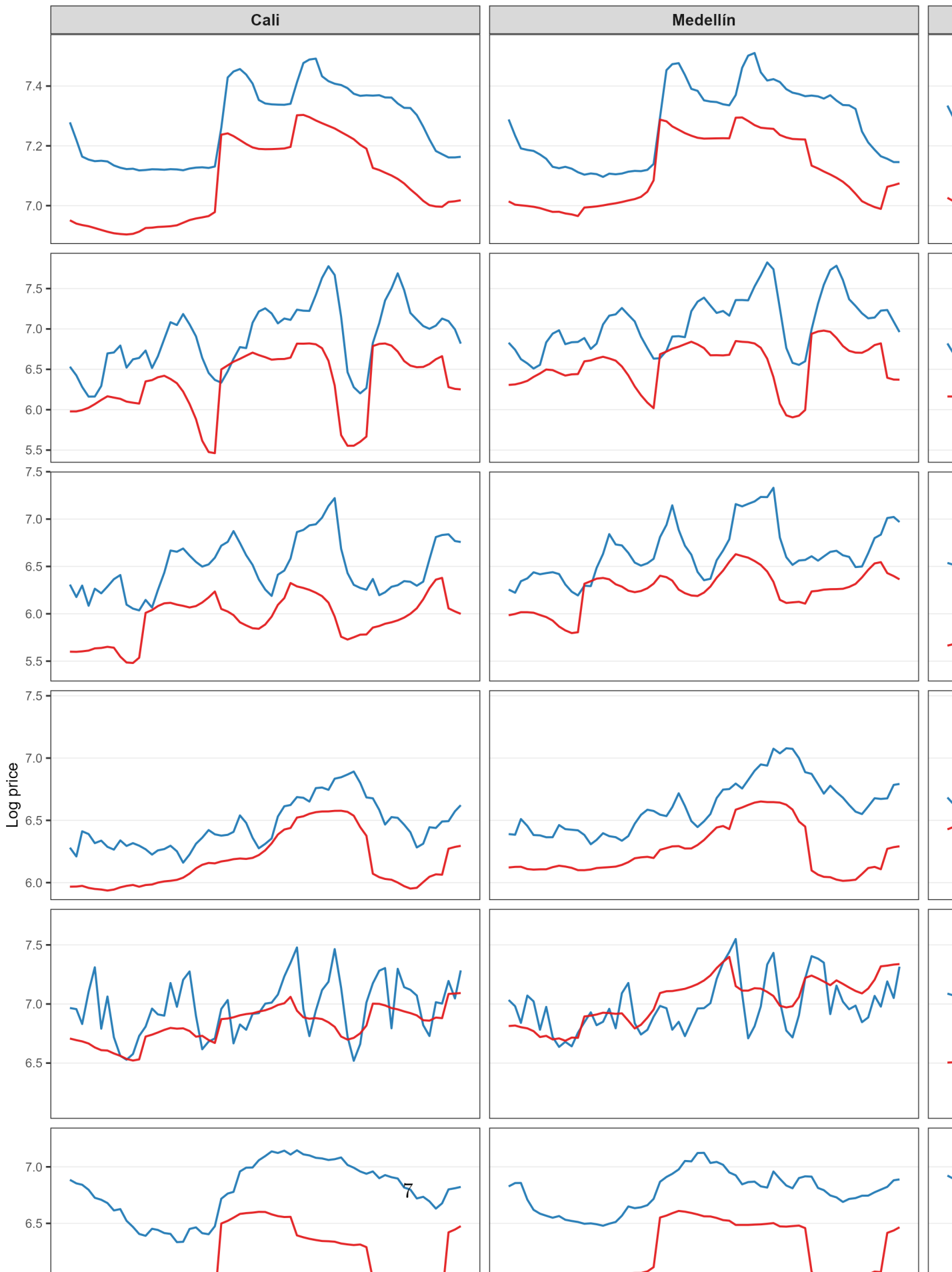
Los residuales estimados de esta ecuación se incorporan posteriormente en la especificación A-ECM como términos de corrección de error, permitiendo evaluar empíricamente la presencia de ajustes asimétricos en la transmisión de precios.

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



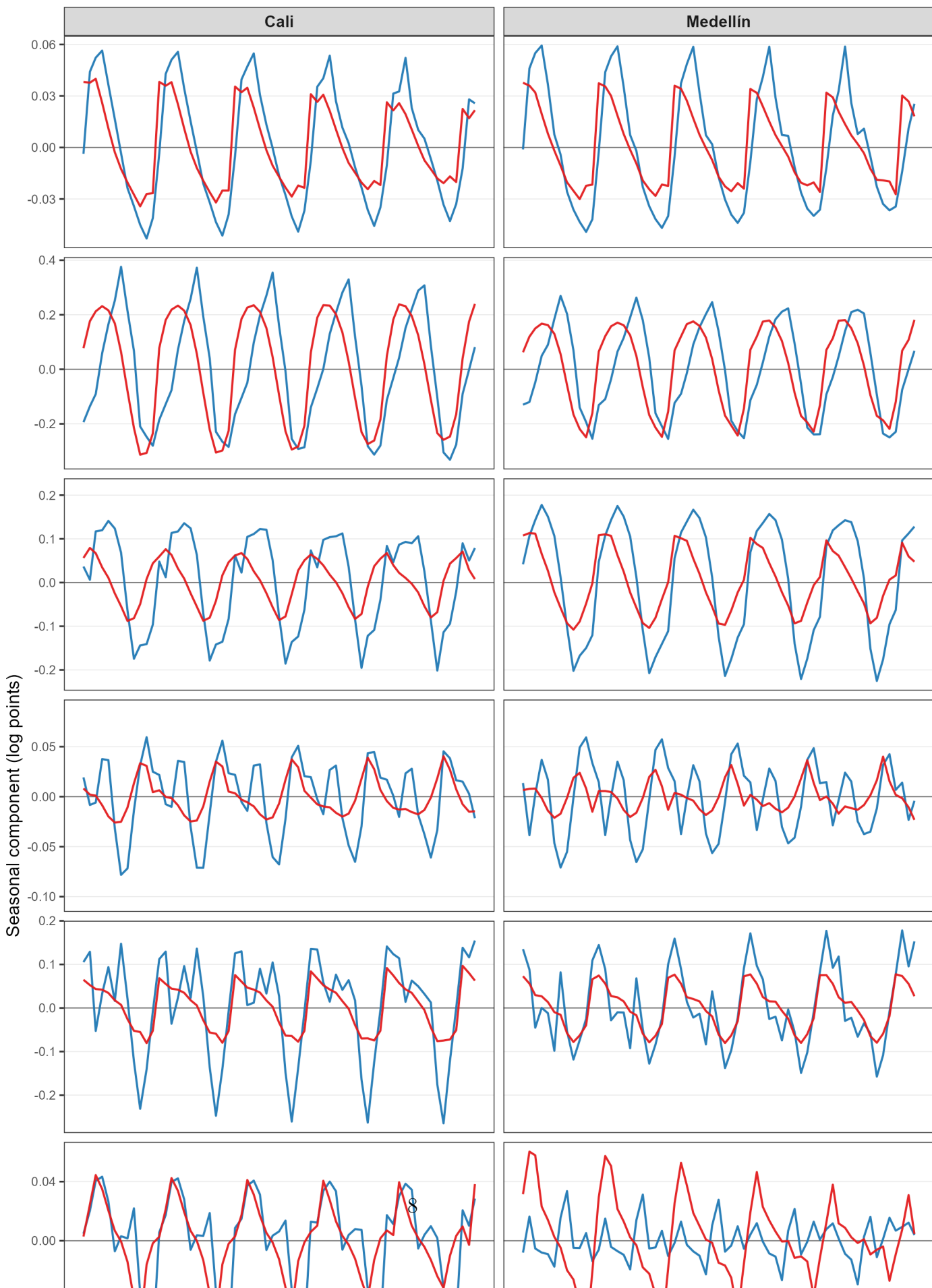


Table 5: Augmented Dickey Fuller tests on seasonally adjusted log retail prices (IPC). Notes: X 13 seasonal adjustment is applied to log price series; reported critical values correspond to the Dickey Fuller distribution. Significance: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

| 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 | -2.890 | -2.580 | 63 |
| 05001 | Arroz de primera | Intercept + trend | -0.984 | -4.040 | -3.450 | -3.150 | 63 |
| 05001 | Cebolla cabezona blanca | Intercept | -2.888* | -3.510 | -2.890 | -2.580 | 63 |
| 05001 | Cebolla cabezona blanca | Intercept + trend | -2.666 | -4.040 | -3.450 | -3.150 | 63 |
| 05001 | Papa capira | Intercept | -2.407 | -3.510 | -2.890 | -2.580 | 63 |
| 05001 | Papa capira | Intercept + trend | -2.357 | -4.040 | -3.450 | -3.150 | 63 |
| 05001 | Plátano hartón verde | Intercept | -1.465 | -3.510 | -2.890 | -2.580 | 63 |
| 05001 | Plátano hartón verde | Intercept + trend | -1.437 | -4.040 | -3.450 | -3.150 | 63 |
| 05001 | Tomate larga vida | Intercept | -1.229 | -3.510 | -2.890 | -2.580 | 63 |
| 05001 | Tomate larga vida | Intercept + trend | -2.299 | -4.040 | -3.450 | -3.150 | 63 |
| 05001 | Yuca ICA | Intercept | -1.425 | -3.510 | -2.890 | -2.580 | 63 |
| 05001 | Yuca ICA | Intercept + trend | -1.516 | -4.040 | -3.450 | -3.150 | 63 |
| 05001 | Zanahoria larga vida | Intercept | -2.182 | -3.510 | -2.890 | -2.580 | 63 |
| 05001 | Zanahoria larga vida | Intercept + trend | -2.227 | -4.040 | -3.450 | -3.150 | 63 |
| 11001 | Arroz de primera | Intercept | -1.350 | -3.510 | -2.890 | -2.580 | 63 |
| 11001 | Arroz de primera | Intercept + trend | -1.010 | -4.040 | -3.450 | -3.150 | 63 |
| 11001 | Cebolla cabezona blanca | Intercept | -2.875* | -3.510 | -2.890 | -2.580 | 63 |
| 11001 | Cebolla cabezona blanca | Intercept + trend | -2.723 | -4.040 | -3.450 | -3.150 | 63 |

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

| City | Item | Specification | ADF statistic | CV 1% | CV 5% | CV 10% | N |
|-------|--------------------|----------------------|------------------|----------|------------|-----------|----|
| 76001 | Yuca ICA | Intercept + trend | -1.659 | -4.040 | - 3.450 | -3.150 | 63 |
| 76001 | Zanahoria bogotana | Intercept | -2.208 | -3.510 | - 2.890 | -2.580 | 63 |
| 76001 | Zanahoria bogotana | Intercept + trend | -2.419 | -4.040 | - 3.450 | -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 cabeza blanca | type 1 | -2.400 | 0.100 |
| Bogotá | CEBOLLA CABEZONA | Cebolla cabeza 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 cabeza blanca bogotana | type 1 | -2.817* | 0.065 |
| Cali | CEBOLLA CABEZONA | Cebolla cabeza 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 cabeza blanca | type 1 | -2.418 | 0.100 |
| Medellín | CEBOLLA CABEZONA | Cebolla cabeza 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 cabeza blanca | type 1 | -2.400 | 0.100 |
| Bogotá | CEBOLLA CABEZONA | Cebolla cabeza 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 cabeza blanca bogotana | type 1 | -2.817* | 0.065 |
| Cali | CEBOLLA CABEZONA | Cebolla cabeza 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 cabeza blanca | type 1 | -2.418 | 0.100 |
| Medellín | CEBOLLA CABEZONA | Cebolla cabeza 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 | $\Delta y_{\{t-1\}}$ | 0.2929300 | 0.0967138 | 0.0040174 |
| NA | $\Delta x_{\{t-1\}}$ | 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 | $\Delta y_{\{t-1\}}$ | 0.3403183 | 0.1212268 | 0.0073043 |
| NA | $\Delta x_{\{t-1\}}$ | -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 | $\Delta y_{\{t-1\}}$ | -0.0584523 | 0.1277311 | 0.6495294 |
| NA | $\Delta y_{\{t-2\}}$ | -0.1136876 | 0.1203972 | 0.3503070 |
| NA | $\Delta x_{\{t-1\}}$ | 0.2810099 | 0.1623921 | 0.0907235 |
| NA | $\Delta x_{\{t-2\}}$ | 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 | $\Delta y_{\{t-1\}}$ | 0.1698592 | 0.1505081 | 0.2649302 |
| NA | $\Delta x_{\{t-1\}}$ | -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 estándar 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 $\lambda_1^-, \lambda_1^+, \lambda_2^-, \lambda_2^+$ 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 |
| _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: $\Delta p^{\wedge\{\text{may}\}}_{-}\{t-1\}$ | 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 |
| τ_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: $\Delta p^{\wedge\{\text{may}\}}_{-}\{t-1\}$ | 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 | artículo_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 |
| _x | -0.09232 |
| 1 (M-TAR) | -0.1641 |
| 2 (M-TAR) | -0.4001 |
| p_M-TAR | 1 |
| — | — |
| a1: $\Delta p^{\{min\}}_{t-1}$ | 0.339 (3.08) |
| b1: $\Delta p^{\{may\}}_{t-1}$ | 0.200 (1.72) |
| +: μ_{t-1}^+ | 0.229 (1.27) |
| –: μ_{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 | artículo_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 |
| — | — |
| +: $\hat{\{+\}}_{t-1}$ | 0.468 (4.59) |
| –: $\hat{\{-}}_{t-1}$ | 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: $\Delta \hat{p}^{min}_{t-1}$ | 0.227 (2.34) |
| b1: $\Delta \hat{p}^{may}_{t-1}$ | 0.388 (3.58) |
| +: $\hat{\{+\}}_{t-1}$ | 0.070 (0.33) |
| –: $\hat{\{-}}_{t-1}$ | 0.233 (2.78) |

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

4.9 A-ECM (minorista en función de mayorista) – CALI – CEBOLLA 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: $\Delta p^{\{min\}}_{t-1}$ | 0.299 (2.47) |
| b1: $\Delta p^{\{may\}}_{t-1}$ | 0.326 (2.25) |
| +: μ^+_{t-1} | 0.248 (2.70) |
| -: μ^-_{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 |
| — | — |
| +: $\hat{\gamma}_{+}\{t-1\}$ | 0.491 (6.05) |
| –: $\hat{\gamma}_{-}\{t-1\}$ | -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

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

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

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

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