



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
FACULTAD DE AGRONOMIA E INGENIERIA FORESTAL
DIRECCION DE INVESTIGACION Y POSTGRADO
MAGISTER EN ECONOMIA AGRARIA Y AMBIENTAL

COEFICIENTES RESERVAS-UTILIZACIÓN Y PRECIOS COMO
INDICADORES DE VULNERABILIDAD EN LOS MERCADOS DE CEREALES.

Tesis presentada como requisito para optar al grado de

Magister en Economía Agraria y Ambiental

por:

Juan Alejandro Osorio Rosales

Comité de Tesis

Profesor Guía:
Eugenio Bobenrieth.

Profesores Informantes:
William Foster
Guillermo Donoso

Enero 2021
Santiago-Chile

Agradecimientos

Agradezco a la Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AGCID), por haberme dado la oportunidad de ser beneficiario de una beca y la oportunidad de cumplir uno de mis más grandes sueños.

Al profesor Eugenio Bobenrieth, por su dedicación, paciencia y compromiso en mi formación.

Por último, a la Dirección de Coordinación y Cooperación Sectorial (DCCS) del Instituto Nacional de Bosques (INAB), que, sin la fe y apoyo de mis compañeros, el primer paso no hubiera sido posible.

Dedicatoria

*A mis padres, por tenerme siempre en sus oraciones.
A mis hermanos, que se encuentran en las mías.*

Los amo.

Índice general

Abstract	8
1. Introducción	9
2. Metodología.....	13
3. Resultados preliminares y construcción de la información	17
4. Robustez y discusión de resultados.....	26
5. Conclusión	45
Resumen.....	46
Referencias	47
Anexos	51

Índice de tablas

Tabla 1: Resumen de los coeficientes de correlación utilizados	13
Tabla 2: Distintas funciones de núcleo más utilizadas	15
Tabla 3: Resumen de las variables de estudio, periodo 1961-2007.....	17
Tabla 4: 20% de los precios reales sin tendencia más altos del maíz, trigo y arroz, deflactado por el MUV, CPI y PPI.....	23
Tabla 5: Coeficientes de correlación entre los precios reales y la producción del maíz, arroz y trigo.	25
Tabla 6: Coeficientes de correlación entre los precios sin tendencia del trigo, maíz, arroz y el índice de calorías.....	26
Tabla 7: Coeficientes de correlación entre los precios reales y CRU del maíz, arroz, trigo e índice de calorías.	28
Tabla 8: Test Kolmogórov-Smirnov entre los precios reales deflactados por el MUV y las distintas especificaciones de temporalidad y deflactores, para el maíz, arroz, trigo y el índice de calorías.	30
Tabla 9: Matriz de transición de los CRU del trigo, maíz, arroz y calorías.	32
Tabla 10: Matriz de transición para los precios sin tendencia de las calorías para el último mes y último trimestre del año de mercado.	33
Tabla 11: Matriz de transición para los precios sin tendencia del maíz para el último mes y último trimestre del año de mercado.....	34
Tabla 12: Matriz de transición para los precios sin tendencia del trigo para el último mes y último trimestre del año de mercado.....	35
Tabla 13: Matriz de transición para los precios reales del arroz para el último mes y último trimestre del año de mercado.....	36
Tabla 14: Años de CRU en niveles críticos del maíz, trigo, arroz y calorías.	37

Índice de gráficas

Gráfica 1: Precios nominales para el maíz, arroz y trigo.....	17
Gráfica 2: Evolución de los Índices de Precios: Manufacture Unit Values Index (MUV), US Consumer Price Index (CPI) y, US Producer Price Index (PPI).	18
Gráfica 3: Coeficientes de reserva-utilización con (+) China y sin (-) China.....	20
Gráfica 4: Precios reales del maíz, trigo y arroz, deflactados por el MUV, CPI y PPI. .	21
Gráfica 5: Índice de precios de las calorías del maíz, trigo y arroz, deflactado por el MUV, CPI y PPI.	22
Gráfica 6: Precios reales sin tendencia de las calorías.....	22
Gráfica 7: Precios reales deflactados por el MUV y producción del maíz, trigo, arroz.	24
Gráfica 8: Precios reales deflactados por el MUV y los CRU del maíz, trigo, arroz y calorías.	27
Gráfica 9: Estimación de densidad Kernel Epanechnikov para los precios del maíz, trigo, arroz e índice de calorías.	29
Gráfica 10: Funciones acumulativas de probabilidad y distancia K-S para el índice de precios de las calorías MUV-CPI.....	31
Gráfica 11: Niveles de CRU y rango de precios reales del último mes del año de mercado del trigo deflactado por el MUV	38
Gráfica 12: Rango de precios del último mes del año del año de mercado del trigo deflactado por el CPI.....	39
Gráfica 13: Rango de precios del último mes del año del año de mercado del trigo deflactado por el PPI	40
Gráfica 14: Rango de precios del promedio del último trimestre del año de mercado del trigo deflactado por el MUV	40
Gráfica 15: Rango de precios del promedio del último trimestre del año de mercado del trigo deflactado por el CPI	41
Gráfica 16: Rango de precios del promedio del último trimestre del año de mercado del trigo deflactado por el PPI	41
Gráfica 17: Niveles de CRU y rango de precios reales del último mes del año de mercado del arroz deflactado por el MUV	42
Gráfica 18: Niveles de CRU y rango de precios reales del último mes del año de mercado del maíz deflactado por el MUV.....	43

Gráfica 19: Niveles de CRU y rango de precios reales del último mes del año de mercado del índice de calorías deflactado por el MUV.....	44
--	----

Stock-to-use ratios and prices as indicators of vulnerability in cereal markets.

Juan Alejandro Osorio Rosales
Pontificia Universidad Católica de Chile

Abstract

J. Alejandro Osorio. Stock-to-use ratios and prices as indicators of vulnerability in cereal markets. Tesis, *Magíster* en Economía Agraria y Ambiental, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile, 50 pp. In this thesis I first replicate the results obtained by Bobenrieth, E., Wright, B. and Zeng, D. (2013). Second, I verify whether their results are robust to changes in the specification of the time period and the deflator. This thesis shows some minor modifications in the implications from Bobenrieth, Wright, and Zeng (2013), but their main conclusions remain robust.

Keywords: Stock-to-use ratios, spikes, grains, deflators, Kernel density estimator, Kolmogorov-Smirnov.

1. Introducción

Comprender la relación que existe entre los inventarios de los productos almacenables y los precios es esencial para entender la manera como se comportan los mercados mundiales de alimentos (FAO 2014). Bobenrieth, Wright, y Zeng (2013) (en adelante BWZ), muestran evidencia indicando que la relación entre los inventarios y los precios puede usarse como un indicador sencillo y práctico para identificar riesgos de alzas de precios, del trigo, maíz y arroz. La información presentada por BWZ fue incluida como parte de las *“Recomendaciones para los elaboradores de políticas”*, en la sección de *“existencias de alimentos y volatilidad de los precios”*, en la conferencia de *El Comité de Problemas de Productos Básicos* (FAO 2015).

El objetivo de esta tesis es, primero replicar el trabajo realizado por BWZ, y segundo verificar cuán robustos son sus resultados, frente a cambios en la definición de los periodos de tiempo y los índices de precio. BWZ utilizan el último mes del año de mercado como medida del precio nominal anual del trigo, maíz y arroz, en el periodo de 1961-2007 y el *Annual Manufactures Unit Value Index* (MUV) como deflactor. En esta tesis usamos alternativamente el promedio de los precios del último trimestre del año de mercado agrícola, de acuerdo a lo propuesto por Guerra V. *et al* (2015) y como deflactores alternativos utilizamos el *United States Consumer Price Index* (US CPI) y el *United States Producer Price Index* (US PPI) (US Bureau of Labor statistics 2020a, 2020b), al igual que Fernandez (2012).

La FAO (2009) define un *“pico de precios”* a *“un incremento pronunciado y brusco del precio por encima del valor de la tendencia”*. Identifican los *“picos de precios”* mediante la comparación del cambio porcentual de cada año y el doble de la desviación estándar¹. BWZ identifican los *“spikes”*² como los precios que se encuentran un 10% por encima de la media. En esta tesis se identifican el 20% de los precios más altos³, en el

¹Calculan la desviación estándar como: $\sigma_t = \left[\frac{\sum_{i=1}^t (x_i - \bar{x})^2}{5} \right]^{1/2}$, aplicando esta metodología a los precios reales identifican 3 años importantes con episodios de precios altos: 1973, 1974 y 2007, para los productos agrícolas (FAO 2009).

² Identifican como precios críticos a los precios reales sin tendencia para el trigo, maíz, arroz e índice de calorías, a los precios superiores a 1.05.

³ Son los 9 años en que los precios fueron más altos en el periodo de 1961-2007

periodo de 1961 – 2007⁴. Calculamos los *Coeficientes Reserva-Utilización*⁵ (en adelante CRU) para los cereales y su equivalente en calorías⁶ e identificamos los años de CRU en niveles críticos, al igual que BWZ.

Utilizando el coeficiente de correlación de *Pearson*, BWZ muestran primero, que no existe una relación importante entre producción y precios reales sin tendencia. Segundo, muestran que sí existe relación entre los CRU y los precios reales sin tendencia. Sin embargo, la magnitud del coeficiente de correlación utilizado por BWZ, puede verse afectada por la falta de linealidad de los datos, la variabilidad de los precios, y por los valores atípicos. Para una discusión de dichos efectos ver por ejemplo Devlin *et al* 1975 y Goodwin *et al* 2006. Con el objetivo de confirmar la relación que existe entre los CRU y los precios reales sin tendencia, usamos los coeficientes de correlación no paramétrico *Rho de Spearman* y *Tau de Kendall*, los cuales no asumen supuestos sobre la distribución de los datos, y son más robustos que el coeficiente de correlación de *Pearson* ante la presencia de valores atípicos (Croux *et al* 2010), concluyendo que nuestros resultados son coherentes con los obtenidos por BWZ.

Luego analizamos de manera gráfica la distribución de los precios reales sin tendencia de los cereales utilizando las estimaciones de densidad kernel. Los kernels, muestran evidencia de posibles cambios en las distribuciones de probabilidad. Basados en dicha evidencia, implementamos el test de Kolmogórov-Smirnov (K-S), para evaluar si la distribución de los precios utilizados por BWZ es la misma cuando realizamos cambios de temporalidad y deflatores de precios, de la manera como se describió anteriormente. Finalmente calculamos las matrices de probabilidad de transición, para los precios reales sin tendencia y los CRU del trigo, maíz, arroz y el índice de calorías.

Esta tesis está organizada de la siguiente forma: en la sección 1, introducimos a la investigación y presentamos los antecedentes. En la sección 2, se incluye la metodología para el cálculo de los coeficientes de correlación, estimación de densidad y test de hipótesis. En la sección 3 se describen los datos y se genera la información

⁴ BWZ utilizan el periodo de 1961 – 2007 debido a los efectos provocados por las políticas de biocombustibles en Estados Unidos y Europa establecidas a partir del 2006, previo a que esta influencia impactará los mercados mundiales del trigo, maíz, y arroz, lo que permite estudiar el comportamiento natural del mercado y su interpretación.

⁵ El coeficiente reservas-utilización de los cereales se define como la proporción entre las reservas de cereales y su utilización (OECD/FAO, 2020). La utilización de reservas no solamente es para casos de emergencia alimentaria sino también para la estabilización de los precios de los granos básicos (FAO, 2014).

⁶ Utilizado por BWZ como el promedio ponderado de los precios del trigo, maíz y arroz por su equivalente energético expresado en calorías.

preliminar. En la sección 4 se presentan los resultados y discusión. En la sección 5 concluimos que los resultados obtenidos por BWZ son robustos ante cambios en las especificaciones de deflatores de precios y definición en los periodos de tiempo.

1.1 Antecedentes

BWZ destacan la fuerte relación que existe entre los precios reales y los CRU en los mercados mundiales de cereales. Identifican los años en que los CRU proporcionaron más información de la vulnerabilidad del mercado que los precios reales, previo a que ocurriera un “*pico de precio*”. Enfocan su estudio en los CRU y el precio real sin tendencia del último mes del año de mercado del trigo, maíz, arroz en el período de 1961-2007. Utilizan un índice de precios de calorías construido como el promedio de los precios del trigo, arroz y maíz, con la producción mundial de los mismos cereales, expresados en calorías y el potencial energético como ponderador, similar al propuesto por Roberts & Schlenker (2009, 2013).

BWZ construyen series de precios reales utilizando el MUV como único deflactor de precios nominales. Siguiendo a una parte importante de la literatura que estima tendencias de precios, BWZ suponen que los precios reales tienen una tendencia log-lineal. Al extraer dicha tendencia obtienen los precios reales sin tendencia del trigo, maíz, arroz y el índice de precio de las calorías. Para el caso de los CRU del mercado mundial del trigo, maíz, arroz, lo calculan dividiendo el almacenamiento final y el consumo doméstico para cada grano de cada año. Para obtener los CRU de las calorías, suman el total del consumo doméstico y el almacenamiento final total del trigo, maíz y arroz convertido en calorías. Excluyen la información del almacenamiento final y consumo doméstico de China, debido a la presunción de que China ha administrado sus stocks en ese mismo periodo de tiempo de manera independiente a las condiciones del mercado del resto del mundo.

Luego de generar las series de precios y CRU, BWZ identifican “*spikes*” para los precios reales sin tendencia y los valores críticos de los CRU del trigo, maíz, arroz y calorías. Calculan los coeficientes de correlación entre los precios reales y los CRU del trigo, maíz, arroz y calorías, además de elaborar las matrices de probabilidad de transición con 5 niveles (0 – 20, 20 – 40, 40 – 60, 60 – 80, 80 – 100),⁷ para los precios y CRU. BWZ concluyen que el índice de precio sin tendencia de las calorías es un buen

⁷ Por ejemplo 0-20 indica las 20% menores observaciones, etc.

indicador del estado de los mercados del trigo, maíz y arroz, demostrando que existe una fuerte correlación entre los precios de cada uno de los granos con el índice de calorías propuesto. Por último, explican que la información que proveen los CRU es un buen indicador de vulnerabilidad para predecir subidas de precio en las series de precios sin tendencia.

2. Metodología

A continuación, se presenta la metodología utilizada para comprobar la robustez de los resultados obtenidos por BWZ.

2.1 Coeficientes de correlación

Replicamos los resultados de los coeficientes de correlación obtenidos por BWZ y los comparamos con los coeficientes de correlación no paramétrico Tau de Kendall y Rho de Spearman. En la Tabla 1, se presentan los coeficientes de correlación utilizados.

Devlin *et al* (1975), muestra que los coeficientes de correlación de Pearson no son robustos cuando hay valores atípicos en los datos. Goodwin *et al* (2006), indican que la magnitud del coeficiente de correlación de Pearson puede verse influenciada por el tamaño de la muestra, la falta de linealidad y la variabilidad. Maturi & Elsayigh (2010), concluyen que el uso de la relación de Pearson debe limitarse únicamente a casos en que los datos cumplen con el supuesto de normalidad. Croux *et al* (2010), evalúa la robustez de los coeficientes de correlación por medio de funciones de influencia, demostrando que los coeficientes de Kendall y Spearman tienen función de influencia limitada. Un coeficiente de correlación es robusto frente a valores atípicos cuando su función de influencia es limitada (Hampel *et al* 2011).

Tabla 1: Resumen de los coeficientes de correlación utilizados

Coeficiente	Formula	Definición
Pearson	$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\left\{ \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{j=1}^n (Y_j - \bar{Y})^2 \right\}^{\frac{1}{2}}}$	
Tau de Kendall	$\tau = \frac{2K}{n(n-1)}$	$K = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \xi^*(\cdot)$ $\xi^*(\cdot) = \begin{cases} 1 & \text{si } (X_i - X_j)(Y_i - Y_j) > 0 \\ 0 & \text{si } (X_i - X_j)(Y_i - Y_j) = 0 \\ -1 & \text{si } (X_i - X_j)(Y_i - Y_j) < 0 \end{cases}$
Rho de Spearman	$\rho = \frac{6 \sum D^2}{n(n^2 - 1)}$	$D^2 = \sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2$

Fuente: (Spearman 1904; Kendall 1938; Gibbons *et al*, 2014)

Para la correlación de Pearson, la columna X_i en una matriz X y una columna Y_i , en una matriz Y , con medias $\bar{X} = \sum_{i=1}^n (X_i)/n$ y $\bar{Y} = \sum_{i=1}^n (Y_i)/n$. El coeficiente Tau de Kendall se basa en contar el número de pares (i, j) , para $i < j$, que son concordantes, es decir, para los cuales $X_i - X_j$ y $Y_i - Y_j$. El coeficiente Rho de Spearman es equivalente al coeficiente de correlación de Pearson aplicado a las clasificaciones de las columnas X_i e Y_i . Donde D^2 es la diferencia entre los rangos de las dos columnas, y n es la longitud de cada columna.

2.2 Estimación de densidad kernel

El uso de métodos no paramétricos para la estimación de la densidad, es una herramienta importante para el análisis estadístico y económico (Botevet *et al* 2010). Las estimaciones de densidad no paramétricas se utilizan para evaluar la asimetría o cualquier otra característica de la distribución de los datos (Scott 2004; Silverman 1986). El enfoque no paramétrico más utilizado para estimar la densidad de los datos, se basa en la estimación de densidad kernel (Silverman 1986; Simonoff 1996; Wand *et al* 1994).

El kernel Gaussiano es uno de los estimadores de densidad de mayor utilización (Marron *et al* 1992), aunque carece de adaptabilidad local, lo que genera sensibilidad a los valores atípicos, pudiendo generar protuberancias falsas (Terrell *et al* 1992). Utilizamos en esta tesis el kernel Epanechnikov. Este kernel disminuye el sesgo, en comparación con otras especificaciones para las funciones kernel (Epanechnikov 1969; Kvam *et al* 2007; Silverman 1986)

Estimamos la densidad de los precios reales sin tendencia, para observar si en apariencia, las distribuciones son asimétricas. La idea es distribuir el peso de cada una de las observaciones en la gráfica de la función de densidad empírica (Kvam *et al* 2007).

Los resultados muestran una aproximación gráfica de la distribución de las series de precios reales sin tendencia propuestas en esta tesis y las utilizadas por BWZ. Formalmente el estimador de densidad kernel se describe a continuación: Para un precio $X_1, \dots, X_n$, escribimos el estimador de densidad de la siguiente manera:

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - x_i}{h}\right)$$

Para $X_i = x_i$ $i = 1, \dots, n$. La función kernel K representa como se asigna la masa de probabilidad. La función de suavizado h , es un valor positivo de ancho de banda

análogo al ancho de intervalo en un histograma. El ancho de banda se convierte en $h^* \approx 1.06\hat{\sigma}n^{-1/5}$, donde $\hat{\sigma}$, es la desviación estándar de la muestra (Kvam *et al* 2007). La función $K(x) = \varphi(x)$ pudiendo ser los kernel de la forma más utilizada (Tabla 2).

Tabla 2: Distintas funciones de núcleo más utilizadas

Kernel/núcleo	Formula
Gaussiano	$K(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$
Uniforme	$K(x) = \frac{1}{2} I(-1 \leq x \leq 1)$
Epanechnikov	$K(x) = \frac{3}{4} \max\{1 - x^2, 0\}$

Fuente: Silverman (1986).

2.3 Prueba de Kolmogórov-Smirnov K-S para dos muestras

Al encontramos frente al problema de comparar muestras, la elección de una prueba no paramétrica es importante, ya que para muestras finitas es posible que los datos no cumplan con los supuestos de normalidad y estacionariedad (Hassani *et al* 2015). Para identificar de manera general las diferentes formas de ambas funciones de distribución, la prueba de Kolmogórov-Smirnov (K-S en adelante) es aconsejada en la literatura (Lining 2001). La prueba no paramétrica K-S, no se enfoca en la diferencia de las medias, sino en la diferencia de todos los momentos de la distribución, (Wagner 2008).

El test de K-S (Kolmogorov 1933, 1941; Smirnov 1939), es un test de la distancia o diferencia absoluta de una distribución empírica y una función teórica a la que se pretende aproximar. Formalmente definimos el estadístico K-S también llamado D_n como:

$$D_n = \sqrt{n} \sup_x |F_n(x) - F(x)|$$

Donde $F(x)$ es la distribución acumulativa teórica y $F_n(x)$ es la distribución acumulativa empírica de tamaño n . La hipótesis nula es que $F_n(x)$ proviene de la distribución $F(x)$, esta se rechaza si D_n es mayor al valor crítico de α dado (Frank et al 1951).

Nos interesa comprobar si existe diferencia entre las series de precios reales sin tendencia utilizadas por BWZ y las series alternativas de precios propuestas en esta tesis, decidiendo entre las siguientes hipótesis:

$$H_0: \mathbb{P}_1 = \mathbb{P}_2, \quad H_1: \mathbb{P}_1 \neq \mathbb{P}_2,$$

Donde, $\mathbb{P}$ representa la distribución de probabilidad.

El test K-S para dos muestras no establece supuestos sobre los parámetros, y permite comparar dos funciones de probabilidad desconocida. El test K-S para dos muestras, proviene del test de bondad de ajuste del mismo nombre, en el cual se compara la distancia máxima entre una función acumulativa de densidad de la muestra observada y la distribución empírica con la cual queremos contrastar (Thas 2010).

La prueba K-S para dos muestras se generaliza como:

$$D_{n,m} = \left(\frac{mn}{m+n} \right)^{1/2} \sup_x (|F_m(x) - F_n(x)|)$$

$F_m(x)$ es la distribución acumulativa empírica de tamaño m y $F_n(x)$ es la distribución acumulativa empírica de tamaño n . Si la probabilidad de obtener una diferencia tan grande como la observada es muy pequeña (generalmente, menor que 0.05), podremos rechazar la hipótesis de que ambas muestras proceden de la misma distribución (Frank et al 1951). Una de las mayores ventajas del test K-S, es su capacidad de identificar diferencias en la forma de la distribución de los datos, esto debido a que puede detectar alteraciones a lo largo de la función (Darling 1957). Entre las limitaciones que cuenta el test K-S, podemos mencionar la poca sensibilidad ante pequeñas variaciones en los extremos de las distribuciones (Cousineau et al 2015).

3. Resultados preliminares y construcción de la información

3.1 Datos

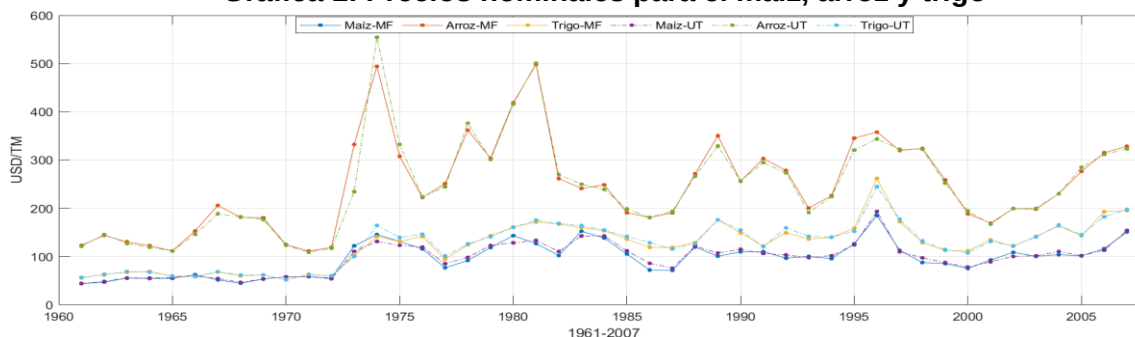
Al igual que BWZ, se utilizan los precios nominales del *World Bank/Pink Sheet* (2020) (World Bank 2020), para el trigo, maíz y arroz en el último mes del año del mercado agrícola del periodo de 1961 - 2007. El mes final del año del mercado agrícola, para el trigo, maíz y arroz, es mayo, agosto y julio respectivamente, según información del *Foreign Agricultural Service* (FAS) de *United States Department of Agriculture* (USDA) (U.S. Department of Agriculture 2020). También se utilizó el promedio de los precios del último trimestre del año de mercado agrícola para el trigo, maíz y arroz, en el periodo de marzo a mayo, junio a agosto y de mayo a julio, para cada uno de los granos en el orden mencionado, esta especificación es utilizada por Guerra V. *et al* (2015). La Tabla 3 muestra un resumen de las variables de estudio y en la Gráfica 1 las series de precios nominales a utilizar.

Tabla 3: Resumen de las variables de estudio, periodo 1961-2007

Precios nominales del maíz, arroz y trigo, Periodo 1961-2007										
Precios nominales del mes final del año mercado periodo 1961-2007										
Producto	Media	Des.St	Var	Min	Max	Mediana	P20	P40	P60	P80
Maíz	96.69	33.59	1128.26	44.00	185.50	100.66	58.13	92.36	105.09	122.83
Arroz	247.25	94.75	8978.22	111.48	498.49	241.45	167.79	202.40	260.97	324.71
Trigo	124.56	45.89	2105.95	52.18	262.11	131.54	67.21	121.62	141.02	160.31
Precios nominales del último trimestre del año mercado periodo 1961-2007										
Producto	Media	Des.St	Var	Min	Max	Mediana	P20	P40	P60	P80
Maíz	97.71	32.72	1070.43	44.33	193.62	101.99	58.23	97.71	109.50	123.26
Arroz	244.73	97.75	9554.39	108.89	554.54	234.76	165.14	199.94	255.70	322.58
Trigo	125.80	45.40	2061.59	52.18	245.01	132.66	67.46	123.76	141.53	164.51

Fuente: Elaborado por el Autor 2020. Con información de World Bank "Pink Sheet" Data.
Des.St: desviación estándar. Var: Varianza

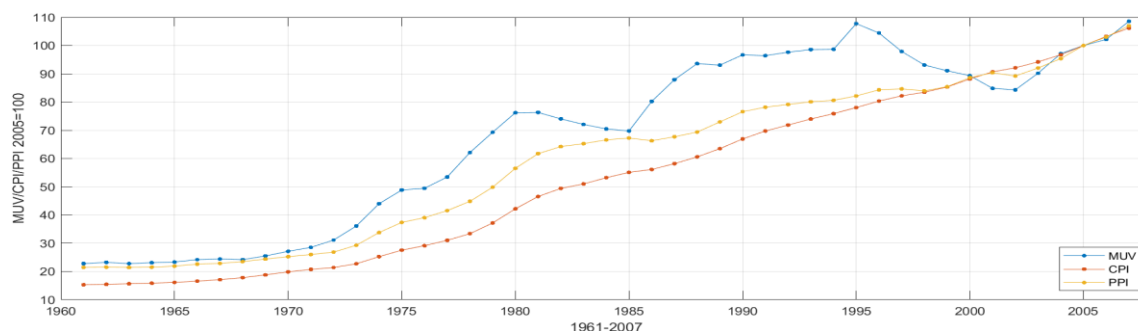
Gráfica 1: Precios nominales para el maíz, arroz y trigo



MF: Mes final del año de mercado. UT: último trimestre del año de mercado. Fuente: World Bank "Pink Sheet" Data

Los deflatores de precios utilizados (Gráfica 2) son CPI⁸ y PPI⁹, periodo 1961 – 2007, ambos obtenidos del *US Bureau of Labor Statistics* (US BLS) además del MUV¹⁰ utilizado por BWZ. El CPI y el PPI son los deflatores de precios más utilizados, en trabajos anteriores donde se estudian las tendencias de las materias primas, especialmente porque los precios nominales vienen dados en dólares estadounidenses (Svedberg *et al* 2006).

Gráfica 2: Evolución de los Índices de Precios: Manufacture Unit Values Index (MUV), US Consumer Price Index (CPI) y, US Producer Price Index (PPI).



Fuente World Bank “comodities” Data, US Bureau of Labor Statistics. Año base 2005 = 100.

El CPI mide el cambio de precio desde la perspectiva del consumidor. Uno de sus principales usos es medir el cambio en el costo de vida de los consumidores (US Bureau of Labor statistics 2020a). El PPI mide el cambio promedio en los precios de venta para todo el mercado interno de bienes y servicios que compran los consumidores a sus productores primarios. El PPI tiene como objetivo evaluar la producción de los productores estadounidenses, sirve como deflator de los flujos de ingresos para medir el crecimiento real de la producción (US Bureau of Labor statistics 2020b). El MUV es el

⁸ El CPI incluye las tarifas de usuario (por ejemplo, servicio de agua y alcantarillado) y los impuestos sobre las ventas y los impuestos especiales pagados por el consumidor. Los impuestos sobre la renta y los elementos de inversión (por ejemplo, acciones, bonos y seguros de vida) no están incluidos. El CPI incluye las siguientes categorías: alimentos y bebidas, vivienda, indumentaria, transporte, atención médica, recreación, educación y comunicación, otros bienes y servicios, grupos de productos y servicios e índices especiales (por ejemplo, todos los artículos menos alimentos y energía, energía, servicios menos servicios de atención médica, todos los artículos menos vivienda) (US Bureau of Labor statistics 2020a).

⁹ El PPI es de la familia de índices que mide la variación promedio en el tiempo de los precios de venta que reciben los productores nacionales de bienes y servicios. El PPI mide el cambio de precio desde la perspectiva del vendedor. El universo PPI consiste en la producción de todas las industrias de los sectores productores de bienes de la economía estadounidense -minería, manufactura, agricultura, pesca y silvicultura-, así como de gas natural, electricidad, construcción y alimentos. La muestra de PPI incluye más de 25,000 establecimientos que ofrecen aproximadamente 100,000 cotizaciones de precios por mes para productos especificados a través de un proceso llamado desagregación (US Bureau of Labor statistics 2020b).

¹⁰ Este índice se acepta generalmente como un sustituto del precio de las importaciones de manufacturas de los países en desarrollo en términos de dólares estadounidenses.

promedio ponderado de los precios de exportación de productos manufacturados para el G-5 (EEUU, Japón, Alemania, Francia y Reino Unido). Las definiciones anteriores son suficientes para esperar que los resultados puedan diferir al utilizar cualquiera de estos índices como deflactor de precios.

Varios estudios utilizan el PPI para deflactar los precios nominales de las materias primas, con la finalidad de determinar si los resultados son sensibles a la elección del deflactor de precios. Svedberg *et al* 2006, utilizan el PPI y el CPI para deflactar los precios nominales del cobre, para estimar la tendencia a largo plazo.

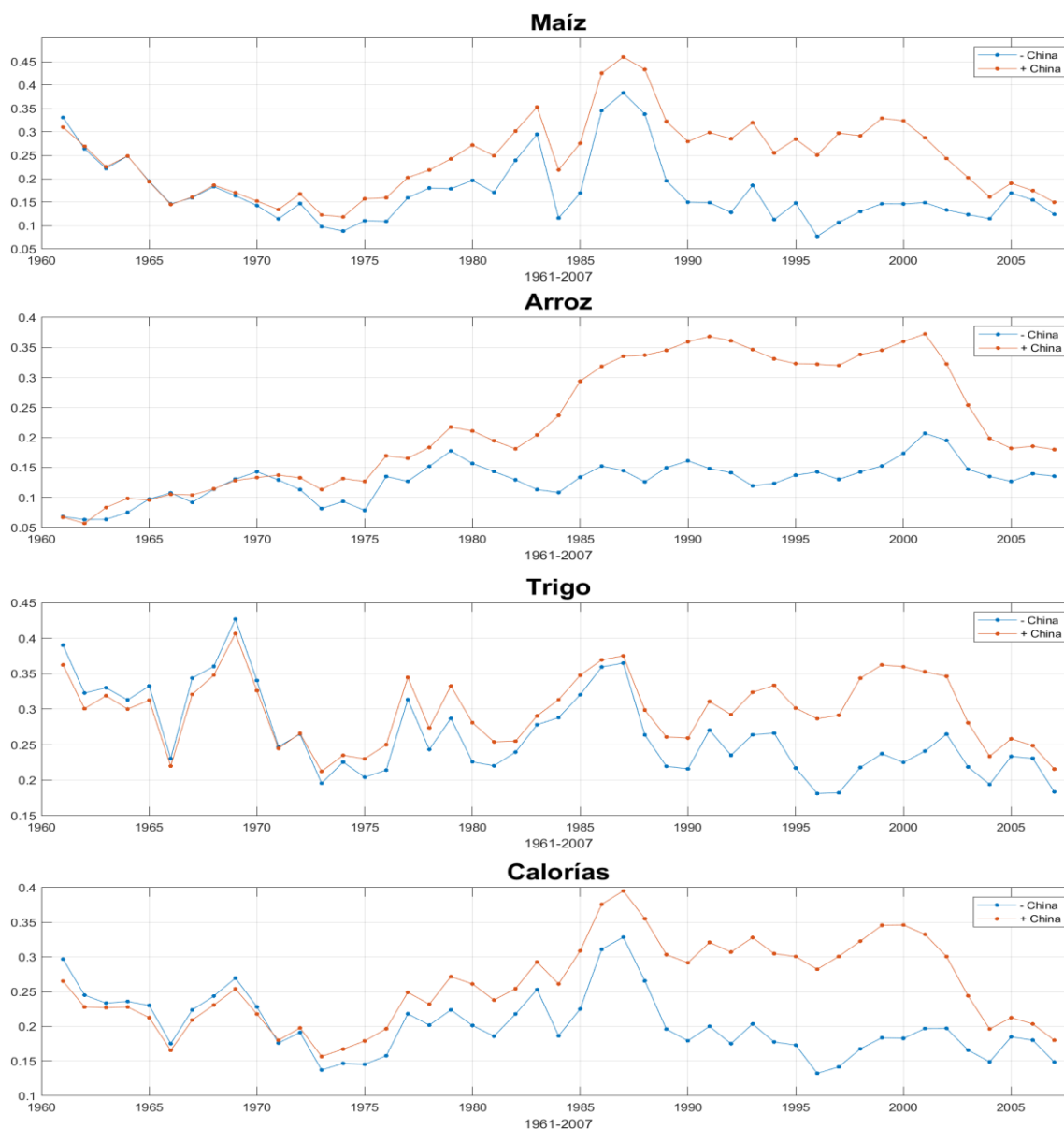
Los datos mundiales de producción, consumo local, almacenamiento al final del periodo de mercado y los CRU, del trigo, maíz y arroz son obtenidos de *Production Supply & Distribution Online (PSD Online)* del USDA (Foreign Agricultural Service 2020). El contenido calórico (potencial calórico) del trigo, maíz y arroz provienen de la *National Nutrient Database* del USDA.

Como se puede apreciar en la Gráfica 2, existe base para la pregunta que planteamos en esta tesis. En efecto, el comportamiento de los tres índices de precios considerados no es homogéneo. En particular destaca que el índice de precios MUV tiene una dinámica notoriamente diferente a los otros dos índices de precio.

3.2 Coeficientes Reserva-Utilización

En la Gráfica 3 se puede observar, la diferencia entre los CRU con China y los CRU sin China, en esta tesis, al igual que BWZ, se utilizan los CRU sin China.

Gráfica 3: Coeficientes de reserva-utilización con (+) China y sin (-) China

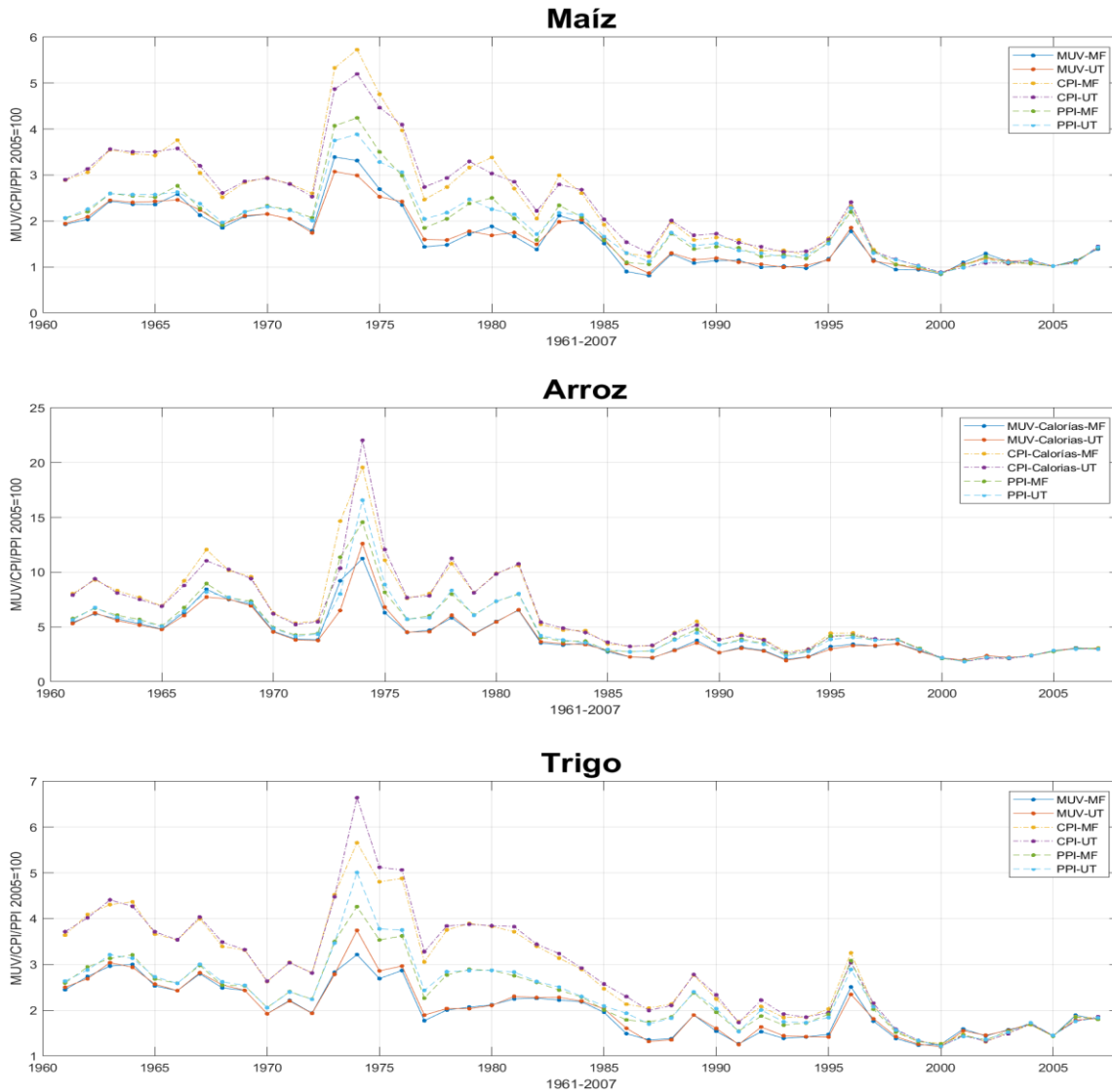


Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de USDA PSD online. – China: sin China. +China: con China.

3.3 Extracción de la tendencia

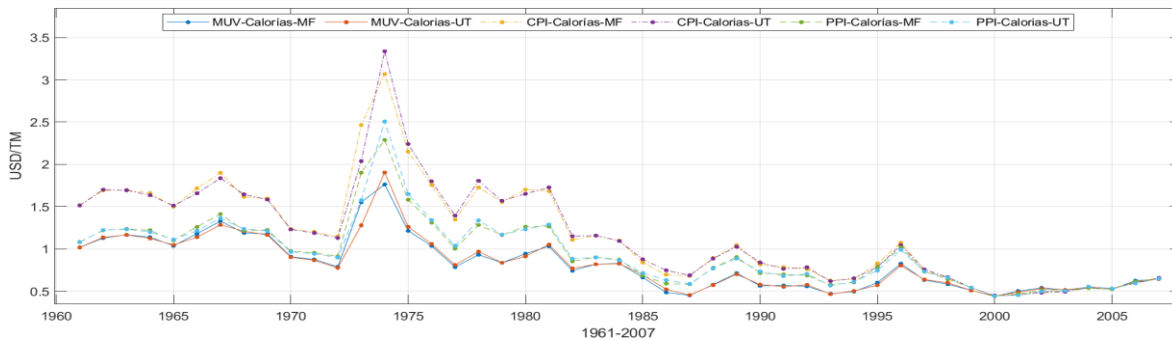
En la Gráfica 4 se pueden observar los precios reales de los cereales en los distintos periodos de tiempo y con los deflactores propuestos. El índice de precio de las calorías deflactado por el MUV, CPI y PPI se encuentra en la Gráfica 5.

Gráfica 4: Precios reales del maíz, trigo y arroz, deflactados por el MUV, CPI y PPI.



MF: Mes final del año de mercado. UT: último trimestre del año de mercado. Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank “Pink Sheet” Data, “comodities” Data y US Bureau of Labor Statistics. Año base 2005 = 100.

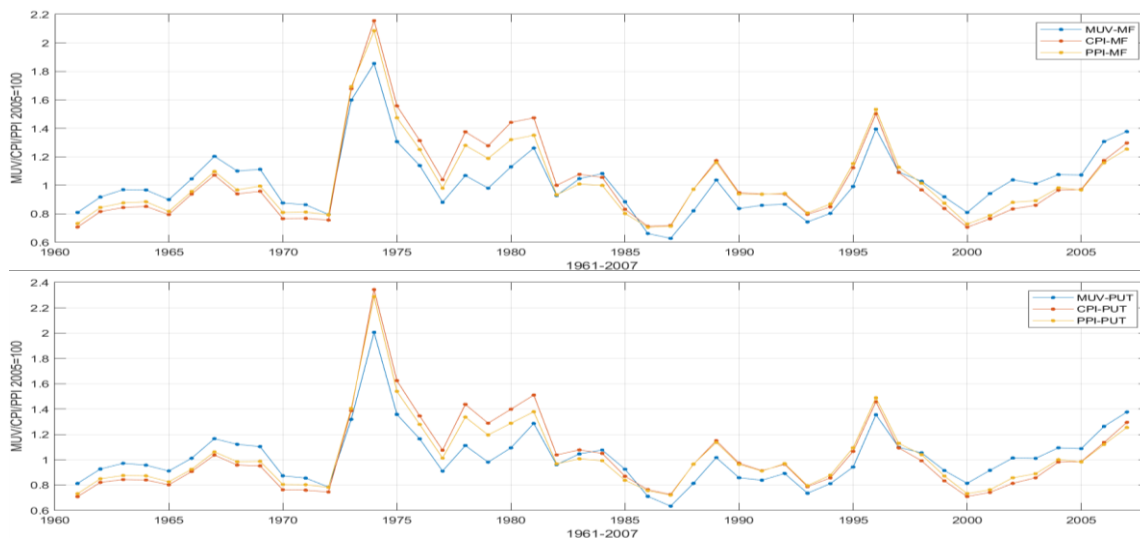
Gráfica 5: Índice de precios de las calorías del maíz, trigo y arroz, deflactado por el MUV, CPI y PPI.



MF: Mes final del año de mercado. UT: último trimestre del año de mercado. Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank “Pink Sheet” Data, “comodities” Data y US Bureau of Labor Statistics. Año base 2005 = 100.

Siguiendo la metodología de BWZ y Fernández (2012) y Harvey *et al* (2010), extraemos la tendencia log-lineal para los precios reales. De tal forma, nuestros precios reales son los residuos de la regresión log-lineal de los precios reales con el índice de tiempo. La Gráfica 6 muestra dichos precios sin tendencia y la Tabla 4 el 20% de los precios más altos. Es importante mencionar que cuando cambiamos las especificaciones de temporalidad y deflactores con respecto a las utilizadas por BWZ, no coinciden todos los precios altos.

Gráfica 6: Precios reales sin tendencia de las calorías



MF: Mes final del año de mercado. UT: último trimestre del año de mercado. Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank “Pink Sheet” Data, “comodities” Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. Año base 2005 = 100.

Tabla 4: 20% de los precios reales sin tendencia más altos del maíz, trigo y arroz, deflactado por el MUV, CPI y PPI.

Trigo					
Mes Final			Promedio del último trimestre		
MUV*	CPI	PPI	MUV	CPI	PPI
1964	1973	1973	1973	1973	1973
1973	1974	1974	1974	1974	1974
1974	1975	1975	1975	1975	1975
1975	1976	1976	1976	1976	1976
1976	1979	1979	1983	1979	1979
1996	1980	1980	1996	1980	1980
2004	1981	1996	2004	1981	1981
2006	1996	2006	2006	1996	1996
2007	2007	2007	2007	2007	2007
Arroz					
1967	1973	1967	1967	1973	1973
1968	1974	1973	1968	1974	1974
1973	1975	1974	1973	1975	1975
1974	1978	1975	1974	1978	1978
1975	1979	1978	1975	1979	1980
1980	1980	1980	1980	1980	1981
1981	1981	1981	1981	1981	1996
2006	1996	1995	2006	1996	1998
2007	2007	1996	2007	2007	2007
Maíz					
1973	1973	1973	1973	1973	1973
1974	1974	1974	1974	1974	1974
1975	1975	1975	1975	1975	1975
1976	1976	1976	1976	1976	1976
1983	1979	1979	1983	1979	1979
1984	1980	1980	1984	1983	1983
1996	1983	1983	1996	1984	1984
2002	1996	1996	2006	1996	1996
2007	2007	2007	2007	2007	2007
Calorías					
1967	1973	1973	1967	1973	1973
1973	1974	1974	1973	1974	1974
1974	1975	1975	1974	1975	1975
1975	1976	1976	1975	1976	1976
1980	1978	1978	1980	1978	1978
1981	1980	1980	1981	1980	1980
1996	1981	1981	1996	1981	1981
2006	1996	1996	2006	1996	1996
2007	2007	2007	2007	2007	2007

Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank “Pink Sheet” Data, “comodities” Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. En **negritas**, se muestran los años en que las series no coinciden con los precios reportados por *BWZ. Año base 2005 = 100.

3.4 Precios y producción

Como una etapa preliminar, y al igual que BWZ, revisamos la relación que existe entre los precios reales sin tendencia y la producción sin tendencia en el mercado del trigo, maíz y arroz durante el periodo 1961-2007 (Gráfica 7).

Gráfica 7: Precios reales deflactados por el MUV y producción del maíz, trigo, arroz.



MF: Mes final del año de mercado. Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank "Pink Sheet" Data, "comodities" Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. Precios sin tendencia y producción sin tendencia. Año base 2005 = 100.

Los coeficientes de correlación (Tabla 5) son iguales a los obtenidos por BWZ para el trigo, maíz y arroz (-0.33, -0.09, y -0.21), cuando usamos las mismas especificaciones de temporalidad y deflactor que los autores. Considerando las diferencias observadas cuando cambiamos las especificaciones de temporalidad y deflactores, los resultados siguen reflejando escasa correlación entre producción y los precios reales del trigo, maíz y arroz. Es evidente que los años en que los precios reales fueron más altos, no muestran ninguna correlación con los peores años de cosecha, esto debido a la capacidad que tiene el trigo, maíz y arroz de almacenarse por años sin un deterioro excesivo.

Tabla 5: Coeficientes de correlación entre los precios reales y la producción del maíz, arroz y trigo.

Deflactor	Periodo	Coeficiente	Maíz*	Arroz*	Trigo*
MUV	Mes final	Pearson	-0.0919	-0.2045	-0.3305
		Kendall	-0.0897	-0.2340	-0.2433
		Spearman	-0.1307	-0.3418	-0.3263
	Promedio último trimestre	Pearson	-0.1172	-0.1648	-0.2532
		Kendall	-0.0916	-0.2174	-0.1785
		Spearman	-0.1456	-0.3173	-0.2479
CPI	Mes final	Pearson	0.1775	0.0347	0.0916
		Kendall	0.1138	-0.0472	0.0527
		Spearman	0.1671	-0.0568	0.1101
	Promedio último trimestre	Pearson	0.1908	0.0620	0.1392
		Kendall	0.1138	-0.0342	0.1101
		Spearman	0.1898	-0.0342	0.1886
PPI	Mes final	Pearson	0.1016	0.1016	-0.0019
		Kendall	0.0490	0.0490	-0.0028
		Spearman	0.0649	0.0649	0.0112
	Promedio último trimestre	Pearson	0.1085	0.1085	0.0567
		Kendall	0.0638	0.0638	0.0527
		Spearman	0.1019	0.1019	0.1005

Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank "Pink Sheet" Data, "comodities" Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. *: Correlación entre la producción y el precio real. Año base 2005 = 100. Los valores en **negritas** son los mismos que los obtenidos por BWZ.

4. Robustez y discusión de resultados

4.1 Coeficientes de correlación

Los coeficientes de correlación de Kendall y Spearman obtenidos son coherentes con los calculados por BWZ, en términos de la relación que existe entre los precios reales sin tendencia del maíz, trigo y arroz, con el índice de precios de las calorías (ver Tabla 6). BWZ calculan la correlación entre el índice de calorías y los precios reales del trigo, maíz y arroz (0.83, 0.86 y 0.91). Asumiendo perfecta sustitución, indican que el mercado de los tres granos en su conjunto, puede ser estudiado como el mercado agregado de las calorías. BWZ sugieren que un índice de calorías es mejor que los índices de cereales individuales, debido a la alta posibilidad de sustitución en consumo (en el margen), entre cereales. Confirmamos la relación que existe entre los precios reales sin tendencia del maíz, arroz, trigo y del índice de calorías, con su respectivo CRU (Gráfica 8), obteniendo los coeficientes de correlación de Pearson, Kendall y Spearman para cada precio y CRU (ver Tabla 7).

Tabla 6: Coeficientes de correlación entre los precios sin tendencia del trigo, maíz, arroz y el índice de calorías.

	Periodo	Coeficiente	Maíz/ Arroz	Maíz/ Trigo	Arroz/ Trigo	Maíz/ Calorías	Arroz/ Calorías	Trigo/ Calorías
MUV	Mes final	Pearson	0.6280	0.7875	0.5803	0.8588	0.9166	0.8260
		Kendall	0.3173	0.5338	0.3580	0.5689	0.7003	0.6281
		Spearman	0.4371	0.7294	0.5190	0.7413	0.8660	0.8230
	Promedio último trimestre	Pearson	0.5531	0.8353	0.6547	0.8110	0.9209	0.8767
		Kendall	0.3321	0.5930	0.3765	0.5726	0.7114	0.6503
		Spearman	0.4606	0.7771	0.5404	0.7423	0.8781	0.8417
CPI	Mes final	Pearson	0.7475	0.8556	0.7052	0.9018	0.9413	0.8812
		Kendall	0.4672	0.5930	0.4450	0.6429	0.7650	0.6429
		Spearman	0.6289	0.7588	0.6458	0.8130	0.9248	0.8215
	Promedio último trimestre	Pearson	0.7059	0.8953	0.7920	0.8766	0.9503	0.9309
		Kendall	0.4801	0.6466	0.5190	0.6744	0.7539	0.7428
		Spearman	0.6721	0.8283	0.7056	0.8565	0.9165	0.9022
PPI	Mes final	Pearson	0.7164	0.8390	0.7052	0.8881	0.9413	0.8812
		Kendall	0.3839	0.5097	0.4450	0.5671	0.7650	0.6429
		Spearman	0.5303	0.6744	0.6458	0.7381	0.9248	0.8215
	Promedio último trimestre	Pearson	0.6657	0.8748	0.7686	0.8550	0.9456	0.9211
		Kendall	0.4283	0.5763	0.4820	0.6078	0.7650	0.6873
		Spearman	0.5920	0.7473	0.6600	0.7809	0.9262	0.8534

Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank “Pink Sheet” Data, “comodities” Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. Año base 2005 = 100. Los valores en negritas son los mismos que los obtenidos por BWZ.

Gráfica 8: Precios reales deflactados por el MUV y los CRU del maíz, trigo, arroz y calorías.



MF: Mes final del año de mercado. Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank "Pink Sheet" Data, "comodities" Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. Año base 2005 = 100.

Tabla 7: Coeficientes de correlación entre los precios reales y CRU del maíz, arroz, trigo e índice de calorías.

Precios del mes final del año de mercado agrícola													
CRU	Pearson												
	Maíz			Arroz			Trigo			Calorías			
	MUV	CPI	PPI	MUV	CPI	PPI	MUV	CPI	PPI	MUV	CPI	PPI	
	Maíz	-0.5064	-0.4104	-0.4545	-0.4371	-0.3501	-0.3816	-0.4008	-0.3002	-0.3517	-0.5183	-0.3930	-0.4402
	Arroz	-0.2052	-0.1465	-0.1690	-0.1743	-0.1015	-0.1237	-0.2300	-0.1091	-0.1472	-0.2138	-0.1203	-0.1487
	Trigo	-0.4355	-0.4979	-0.5062	-0.3388	-0.3969	-0.3957	-0.3946	-0.4868	-0.5022	-0.4372	-0.4962	-0.5068
Calorías	-0.5690	-0.5311	-0.5663	-0.4685	-0.4334	-0.4556	-0.4978	-0.4603	-0.5071	-0.5854	-0.5209	-0.5619	
CRU	Kendall												
	Maíz	-0.3395	-0.2710	-0.3265	-0.2303	-0.1878	-0.2155	-0.2026	-0.1378	-0.1600	-0.2895	-0.2081	-0.2414
	Arroz	-0.1027	-0.0046	-0.0305	-0.0268	0.0453	0.0287	-0.1804	-0.0527	-0.0712	-0.0712	-0.0120	-0.0009
	Trigo	-0.2766	-0.4006	-0.3784	-0.3117	-0.3469	-0.3599	-0.2914	-0.3599	-0.3599	-0.3117	-0.4006	-0.4061
	Calorías	-0.3154	-0.3543	-0.3580	-0.3062	-0.3006	-0.3247	-0.2858	-0.2914	-0.3062	-0.3321	-0.3321	-0.3451
	Spearman												
Maíz	-0.4749	-0.3917	-0.4466	-0.3241	-0.2798	-0.3139	-0.3031	-0.1933	-0.2299	-0.3996	-0.3076	-0.3526	
Arroz	-0.1532	-0.0222	-0.0432	-0.0317	0.0407	0.0197	-0.2916	-0.1087	-0.1366	-0.1242	-0.0370	-0.0354	
Trigo	-0.4063	-0.5533	-0.5346	-0.4355	-0.5012	-0.5148	-0.4140	-0.5087	-0.5239	-0.4576	-0.5687	-0.5703	
Calorías	-0.4483	-0.4864	-0.4998	-0.4320	-0.4395	-0.4681	-0.4010	-0.4004	-0.4309	-0.4667	-0.4790	-0.4993	
Precios del promedio del último trimestre del año de mercado agrícola													
CRU	Pearson												
	Maíz			Arroz			Trigo			Calorías			
	MUV	CPI	PPI	MUV	CPI	PPI	MUV	CPI	PPI	MUV	CPI	PPI	
	Maíz	-0.5232	-0.4071	-0.4584	-0.3972	-0.3149	-0.3445	-0.4119	-0.3049	-0.3574	-0.4949	-0.3666	-0.4132
	Arroz	-0.2027	-0.1249	-0.1488	-0.1487	-0.0840	-0.1039	-0.2500	-0.1229	-0.1642	-0.2024	-0.1075	-0.1354
	Trigo	-0.4284	-0.4952	-0.5080	-0.3030	-0.3573	-0.3566	-0.3912	-0.4658	-0.4826	-0.3988	-0.4482	-0.4582
Calorías	-0.5757	-0.5248	-0.5671	-0.4222	-0.3890	-0.4100	-0.5041	-0.4524	-0.5008	-0.5437	-0.4735	-0.5121	
CRU	Kendall												
	Maíz	-0.3228	-0.2396	-0.2932	-0.2137	-0.1822	-0.2026	-0.2155	-0.1378	-0.1878	-0.2766	-0.2063	-0.2562
	Arroz	-0.0305	-0.0028	-0.0231	0.0009	0.0546	0.0379	-0.1600	-0.0231	-0.0361	-0.0731	0.0194	0.0102
	Trigo	-0.3747	-0.3876	-0.3858	-0.3099	-0.3302	-0.3432	-0.2858	-0.3525	-0.3839	-0.3395	-0.3913	-0.4043
	Calorías	-0.3580	-0.3377	-0.3654	-0.2969	-0.2877	-0.3117	-0.2914	-0.2840	-0.3302	-0.3302	-0.3302	-0.3580
	Spearman												
Maíz	-0.4765	-0.3527	-0.4221	-0.3056	-0.2623	-0.3001	-0.3304	-0.1921	-0.2579	-0.3856	-0.2952	-0.3644	
Arroz	-0.1924	-0.0276	-0.0487	-0.0040	0.0651	0.0361	-0.2639	-0.0576	-0.0857	-0.1214	-0.0006	-0.0206	
Trigo	-0.3873	-0.5421	-0.5497	-0.4496	-0.4890	-0.5086	-0.4270	-0.4968	-0.5404	-0.4688	-0.5615	-0.5702	
Calorías	-0.4416	-0.4652	-0.4992	-0.4272	-0.4214	-0.4537	-0.4187	-0.3920	-0.4574	-0.4617	-0.4738	-0.5130	

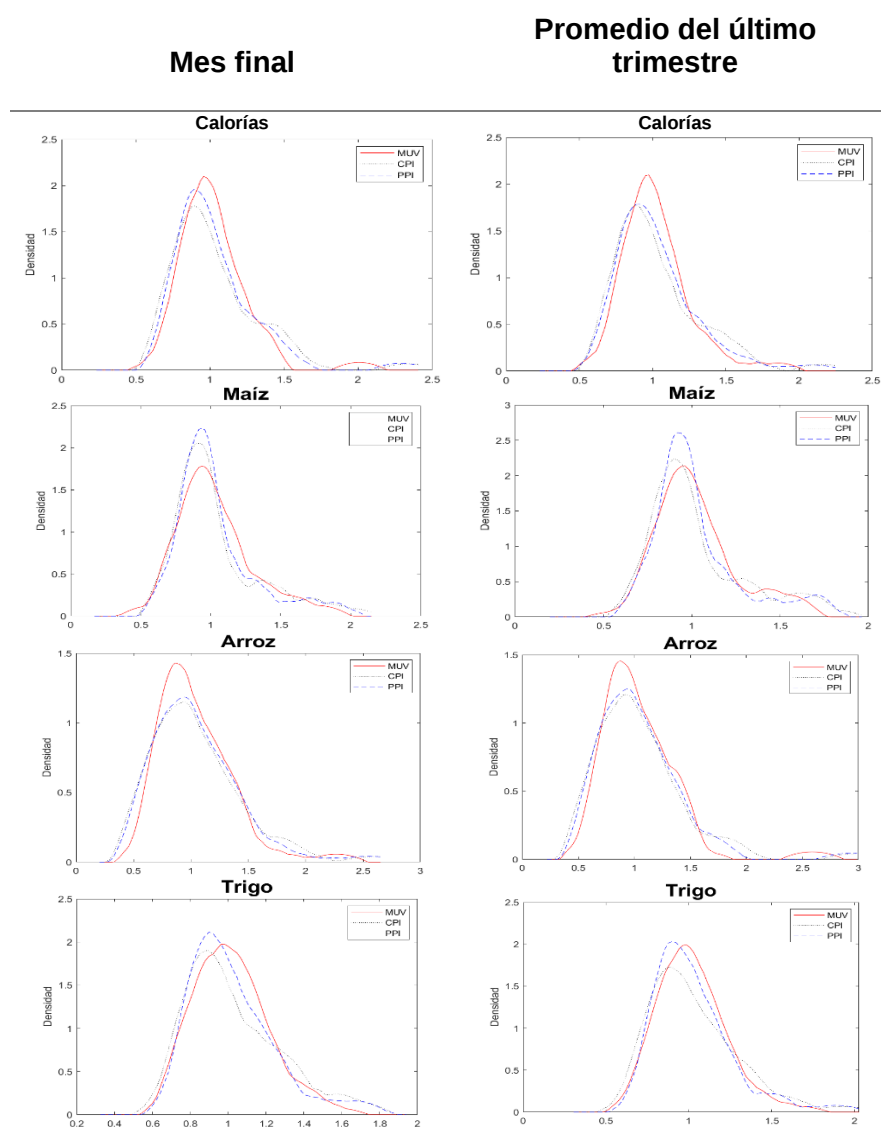
Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank “Pink Sheet” Data, “comodities” Data y US Bureau of Labor Statistics.

USDA PSD. Año base 2005 = 100.

4.2 Análisis de la distribución de los precios

Para obtener una visión preliminar de las distribuciones de probabilidad empíricas, se calcularon las distribuciones no paramétricas de densidad, utilizando el kernel Epanechnikov. Estimamos la densidad Kernel Epanechnikov para los precios reales sin tendencia del trigo, maíz, arroz y el índice de calorías, con las distintas especificaciones de temporalidad y cambio de deflactor (ver Gráfica 9).

Gráfica 9: Estimación de densidad Kernel Epanechnikov para los precios del maíz, trigo, arroz e índice de calorías.



Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank “Pink Sheet” Data, “comodities” Data y US Bureau of Labor Statistics. Año base 2005 = 100.

Las distribuciones muestran evidencia de asimetría. La forma de las distribuciones sugiere el uso de un test no paramétrico. Las diferencias observadas, pueden ser medidas mediante la diferencia K-S. Los resultados de los test K-S¹¹ (Tabla 8), para todas las muestras (ejemplo, ver Gráfica 10), no ofrecen evidencia suficiente para concluir que los precios reales sin tendencia provienen de distinta distribución de probabilidad a la comparada, al cambiar el deflactor de precios o el periodo de tiempo.

Tabla 8: Test Kolmogórov-Smirnov entre los precios reales deflactados por el MUV y las distintas especificaciones de temporalidad y deflactores, para el maíz, arroz, trigo y el índice de calorías.

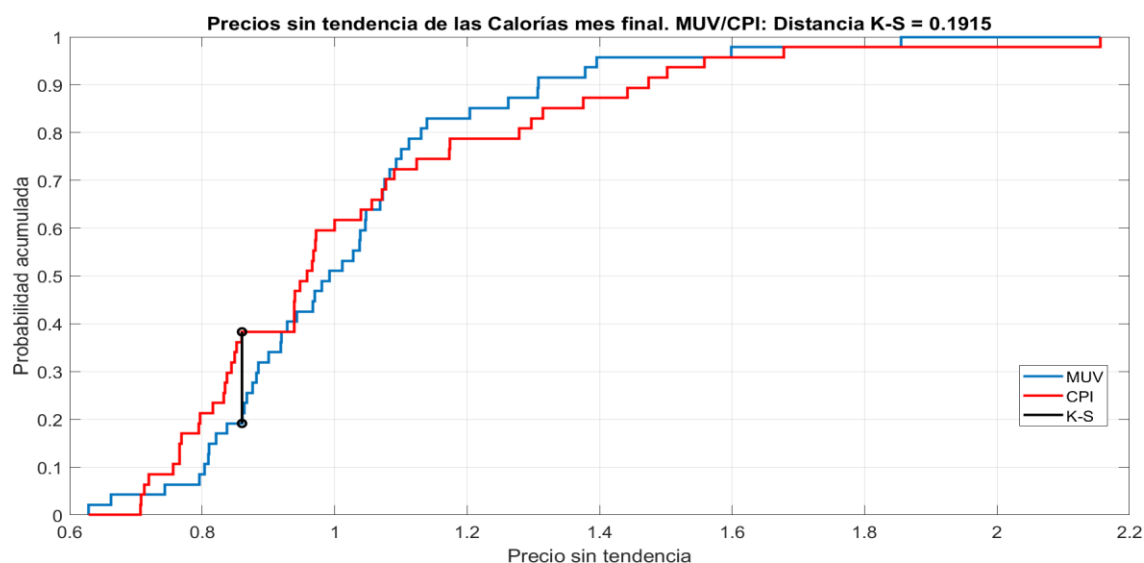
Calorías		Mes final		Promedio del último trimestre	
		CPI	PPI	CPI	PPI
MUV	Valor-p	0.3207	0.6380	0.6385	0.8117
	K-S	0.1915	0.1489	0.1489	0.1277
Maíz		CPI	PPI	CPI	PPI
MUV	Valor-p	0.3207	0.4662	0.6385	0.3207
	K-S	0.1915	0.1702	0.1489	0.1915
Arroz		CPI	PPI	CPI	PPI
MUV	Valor-p	0.6385	0.9407	0.6385	0.9407
	K-S	0.1489	0.1064	0.1489	0.1064
Trigo		CPI	PPI	CPI	PPI
MUV	Valor-p	0.6385	0.6385	0.8117	0.9407
	K-S	0.1489	0.1489	0.1277	0.1064

Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank “Pink Sheet” Data, “comodities” Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. $\alpha = 0.05$ Año base 2005 = 100.

K-S = $D_{n,m}$

¹¹ Para muestras grandes, la hipótesis nula se rechaza si $D_{n,m} > \left(-\ln\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot \frac{1+\frac{m}{n}}{2m} \right)^{1/2}$ se basa en el valor tipificado del estadístico de prueba Z, que tiene distribución normal tipificada (Knuth 1997).

Gráfica 10: Funciones acumulativas de probabilidad y distancia K-S para el índice de precios de las calorías MUV-CPI.



Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank “Pink Sheet” Data, “comodities” Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. Año base 2005 = 100.

4.3 Matrices de transición empíricas

En esta sección, primero, calculamos las matrices de transición para los precios y CRU, y comparamos nuestros resultados con las matrices de transición en BWZ. Segundo, evaluamos si los CRU son mejores predictores que los precios o no cuando cambiamos los deflactores y la definición del periodo de tiempo.

4.3.1 Matrices de transición de los precios

Al igual que en BWZ, ahora construimos las matrices de transición para los CRU¹² y para los precios¹³ sin tendencia, del trigo, maíz, arroz y el índice de calorías para el periodo 1961-2007. En la Tabla 9 se muestran las matrices de transición de CRU, para el maíz, arroz, trigo y las calorías. Considerando lo anterior, ahora respondemos la siguiente pregunta. Frente a cambios en deflactor y en la definición del periodo de tiempo: ¿cambian las matrices de transición de los precios? Respondemos a lo anterior

¹² Para el cálculo de los percentiles en las matrices de transición de los CRU se usaron los siguientes rangos: Altos (80 – 100), medio alto (60 – 80), medio (40 – 60), medio bajo (20 – 40) y crítico (0 – 20).

¹³ Para el cálculo de los percentiles en las matrices de transición de los precios se usaron los siguientes rangos: altos (80 – 100), medio alto (60 – 80), medio (40 – 60), medio bajo (20 – 40) y bajo (0 – 20).

para el índice de precios de las calorías, y los precios del maíz, trigo y arroz. La Tabla 9 muestra el comportamiento de los CRU del trigo, maíz, arroz y su equivalente calórico. Es evidente como los CRU tienden a moverse a los estados más cercanos, no habiendo evidencia de saltos repentinos a estados críticos de CRU, lo que sugiere que, cuando ocurren precios altos, cuando los precios son bajos, es probable que el SUR esté más cerca de un nivel de advertencia (bajo).

Tabla 9: Matriz de transición de los CRU del trigo, maíz, arroz y calorías.

CALORÍAS		Para				
		0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100
De	0 - 20	0.6250	0.1250	0.1250	0.1250	0
	20 - 40	0.2000	0.3000	0.3000	0.2000	0
	40 - 60	0.2222	0.3333	0.2222	0.2222	0
	60 - 80	0	0.3000	0.1000	0.2000	0.4000
	80 - 100	0	0	0.2222	0.3333	0.4444
MAÍZ		Para				
		0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100
De	0 - 20	0.4444	0.1111	0.3333	0.1111	0
	20 - 40	0.2222	0.3333	0.2222	0.2222	0
	40 - 60	0.2222	0.4444	0.1111	0.2222	0
	60 - 80	0.1000	0.1000	0.3000	0.3000	0.2000
	80 - 100	0	0.1111	0	0.2222	0.6667
ARROZ		Para				
		0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100
De	0 - 20	0.6667	0.2222	0.1111	0	0
	20 - 40	0.2000	0.2000	0.3000	0.2000	0.1000
	40 - 60	0	0.5000	0	0.3750	0.1250
	60 - 80	0	0.2000	0.5000	0.1000	0.2000
	80 - 100	0	0	0	0.4444	0.5556
TRIGO		Para				
		0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100
De	0 - 20	0.3750	0.3750	0	0.2500	0
	20 - 40	0.4000	0.2000	0.3000	0	0.1000
	40 - 60	0	0.3333	0.2222	0.4444	0
	60 - 80	0.2000	0.1000	0.2000	0.2000	0.3000
	80 - 100	0	0.1111	0.2222	0.2222	0.4444

Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank "Pink Sheet" Data, "comodities" Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. Año base 2005 = 100.

a. Índice de precio de las calorías

En la Tabla 10 se observa que, cuando el índice de precios de las calorías se encuentra en un nivel medio bajo (20 -40), los precios reales deflactados por el CPI y

PPI, tienen mayores probabilidades de mantenerse el mismo nivel que los deflactados por el MUV, esto para ambas especificaciones de temporalidad. Sin embargo, a pesar de que existen diferencias entre las probabilidades dependiendo del deflactor o del periodo de tiempo, tales diferencias no siempre son importantes. Si observamos solo el cambio de la temporalidad entre las matrices de transición del índice de precios de las calorías, podemos observar que las matrices de transición difieren a las obtenidas por BWZ.

Tabla 10: Matriz de transición para los precios sin tendencia de las calorías para el último mes y último trimestre del año de mercado.

		Para					
		80 - 100	60 - 80	40 - 60	20 - 40	0 - 20	
ÚLTIMO MES	MUV*	80 - 100	0.5000	0.2500	0	0.2500	0
		60 - 80	0.3000	0.3000	0.2000	0.2000	0
		40 - 60	0.1111	0.2222	0.3333	0.2222	0.1111
		20 - 40	0	0.3000	0.1000	0.2000	0.4000
		0 - 20	0.1111	0	0.3333	0.2222	0.3333
	CPI	80 - 100	0.5000	0.5000	0	0	0
		60 - 80	0.4000	0.2000	0.3000	0.1000	0
		40 - 60	0	0.3333	0.2222	0.3333	0.1111
		20 - 40	0	0.1000	0.2000	0.4000	0.3000
		0 - 20	0.1111	0	0.2222	0.2222	0.4444
	PPI	80 - 100	0.5000	0.2500	0.2500	0	0
		60 - 80	0.3000	0.2000	0.1000	0.2000	0.2000
		40 - 60	0.1111	0.5556	0.2222	0	0.1111
		20 - 40	0	0.1000	0.3000	0.4000	0.2000
		0 - 20	0.1111	0	0.1111	0.4444	0.3333
PROMEDIO ÚLTIMO TRIMESTRE	MUV	80 - 100	0.5000	0.2500	0.1250	0.1250	0
		60 - 80	0.2000	0.4000	0.1000	0.3000	0
		40 - 60	0.2222	0.3333	0.2222	0.2222	0
		20 - 40	0	0.1000	0.3000	0.1000	0.5000
		0 - 20	0.1111	0	0.2222	0.3333	0.3333
	CPI	80 - 100	0.5000	0.5000	0	0	0
		60 - 80	0.4000	0.2000	0.3000	0.3000	0
		40 - 60	0	0.2222	0.4444	0.4444	0.2222
		20 - 40	0	0.2000	0.1000	0.1000	0.2000
		0 - 20	0.1111	0	0.1111	0.1111	0.4444
	PPI	80 - 100	0.5000	0.3750	0.1250	0	0
		60 - 80	0.4000	0.1000	0.4000	0.1000	0
		40 - 60	0	0.4444	0.1111	0.2222	0.2222
		20 - 40	0	0.2000	0.2000	0.4000	0.2000
		0 - 20	0.1111	0	0.1111	0.3333	0.4444

Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank “Pink Sheet” Data, “comodities” Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. **Negritas** los valores que muestran cambios con respecto a *BWZ. Año base 2005 = 100.

b. Precios reales sin tendencia del maíz

En la Tabla 11, para los precios reales del promedio del último trimestre del año calendario del maíz deflactados por el CPI, se puede observar, que hay una pequeña probabilidad (0.111) de saltar desde el nivel más bajo de precios (0 – 20) al nivel más alto (80 – 100), no ocurre cuando se utilizan los deflatores MUV y PPI, con la misma especificación de temporalidad. La anterior, es la mayor diferencia en relación a los resultados obtenidos por BWZ. Las matrices de transición son diferentes para cada deflactor y cambio de periodo de tiempo. El cambio de periodo de tiempo, muestra menos cambios entre las probabilidades.

Tabla 11: Matriz de transición para los precios sin tendencia del maíz para el último mes y último trimestre del año de mercado.

		Para					
		80 - 100	60 - 80	40 - 60	20 - 40	0 - 20	
ÚLTIMO MES	MUV	80 - 100	0.5000	0.1250	0.2500	0	0.1250
		60 - 80	0.2000	0.5000	0.2000	0.1000	0
		40 - 60	0.1111	0.3333	0.1111	0.3333	0.1111
		20 - 40	0.2000	0	0.3000	0.2000	0.3000
		0 - 20	0	0.1111	0.1111	0.4444	0.3333
	CPI	80 - 100	0.5000	0.3750	0.1250	0	0
		60 - 80	0.3000	0	0.4000	0.2000	0.1000
		40 - 60	0.1111	0.4444	0.1111	0.2222	0.1111
		20 - 40	0.1000	0.1000	0.3000	0.3000	0.2000
		0 - 20	0	0.2222	0	0.3333	0.4444
	PPI	80 - 100	0.5000	0.3750	0	0.1250	0
		60 - 80	0.3000	0	0.3000	0.3000	0.1000
		40 - 60	0	0.3333	0.3333	0.1111	0.2222
		20 - 40	0.2000	0.3000	0.3000	0.1000	0.1000
		0 - 20	0	0.1111	0	0.4444	0.4444
PROMEDIO ÚLTIMO TRIMESTRE	MUV	80 - 100	0.6250	0.1250	0.1250	0.1250	0
		60 - 80	0.1000	0.4000	0.3000	0.1000	0.1000
		40 - 60	0.1111	0.4444	0.1111	0.3333	0
		20 - 40	0.2000	0.1000	0.2000	0.2000	0.3000
		0 - 20	0	0	0.2222	0.3333	0.4444
	CPI	80 - 100	0.5000	0.3750	0.1250	0	0
		60 - 80	0.4000	0.3000	0.2000	0	0
		40 - 60	0	0.2222	0.4444	0.3333	0
		20 - 40	0	0.1000	0.1000	0.5000	0.3000
		0 - 20	0.1111	0.1111	0.1111	0.2222	0.4444
	PPI	80 - 100	0.5000	0.3750	0.1250	0	0
		60 - 80	0.3000	0.2000	0.1000	0.4000	0
		40 - 60	0	0.2222	0.4444	0.2222	0.1111
		20 - 40	0.2000	0.2000	0.2000	0.1000	0.3000
		0 - 20	0	0.1111	0.1111	0.3333	0.4444

Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank “Pink Sheet” Data, “comodities” Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. **Negritas** los valores que muestran cambios con respecto a BWZ. Año base 2005 = 100.

c. Precios reales sin tendencia del trigo

En la matriz de transición de los precios sin tendencia del trigo para el último mes (Tabla 12) se observa que cuando los precios se encuentran en el nivel más bajo (0 – 20), los precios reales deflactados por el MUV no muestran probabilidad de saltar hacia 20% de los precios más altos (80 – 100), mientras que los precios reales deflactados por el CPI y PPI si muestran una leve probabilidad (0.111) de saltar a ese nivel.

Tabla 12: Matriz de transición para los precios sin tendencia del trigo para el último mes y último trimestre del año de mercado.

		Para					
		80 - 100	60 - 80	40 - 60	20 - 40	0 - 20	
ÚLTIMO MES	MUV	80 - 100	0.5000	0.1250	0.2500	0	0.1250
		60 - 80	0.2000	0.3000	0.3000	0.2000	0
		40 - 60	0.1111	0.3333	0.2222	0.1111	0.2222
		20 - 40	0.2000	0.1000	0.2000	0.2000	0.3000
		0 - 20	0	0.2222	0	0.4444	0.3333
	CPI	80 - 100	0.6250	0.2500	0.1250	0	0
		60 - 80	0.3000	0.2000	0.3000	0.1000	0.1000
		40 - 60	0	0.5556	0	0.3333	0.1111
		20 - 40	0	0.1000	0.3000	0.4000	0.2000
		0 - 20	0.1111	0	0.2222	0.2222	0.4444
	PPI	80 - 100	0.6250	0.2500	0	0.1250	0
		60 - 80	0.2000	0.3000	0.3000	0.2000	0
		40 - 60	0.1111	0.3333	0.1111	0.2222	0.2222
		20 - 40	0	0.2000	0.2000	0.2000	0.4000
		0 - 20	0.1111	0	0.3333	0.3333	0.2222
PROMEDIO ÚLTIMO TRIMESTRE	MUV	80 - 100	0.5000	0.2500	0.1250	0.1250	0
		60 - 80	0.2000	0.3000	0.2000	0.2000	0.1000
		40 - 60	0.1111	0.3333	0.3333	0.1111	0.1111
		20 - 40	0.1000	0.1000	0.2000	0.2000	0.4000
		0 - 20	0.1111	0.1111	0.1111	0.3333	0.3333
	CPI	80 - 100	0.6250	0.3750	0	0	0
		60 - 80	0.2000	0.3000	0.3000	0.2000	0
		40 - 60	0.1111	0.2222	0.2222	0.2222	0.2222
		20 - 40	0	0.1000	0.3000	0.3000	0.3000
		0 - 20	0.1111	0.1111	0.1111	0.3333	0.3333
	PPI	80 - 100	0.6250	0.2500	0.1250	0	0
		60 - 80	0.2000	0.3000	0.2000	0.2000	0.1000
		40 - 60	0.1111	0.3333	0.2222	0.3333	0
		20 - 40	0	0.1000	0.2000	0.1000	0.6000
		0 - 20	0.1111	0.1111	0.2222	0.4444	0.1111

Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank “Pink Sheet” Data, “comodities” Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. **Negritas** los valores que muestran cambios con respecto a BWZ. Año base 2005 = 100.

Cuando cambiamos la especificación a los precios del último trimestre, los precios reales deflactados por el MUV, CPI y PPI tienen la misma probabilidad de

transición (0.111) de saltar desde un nivel bajo (0 – 20) a uno muy alto (80 – 100). Existen similitudes entre las matrices de transición, pero estas no son iguales.

d. Precios reales sin tendencia del arroz

Para el caso de los precios reales al mes final del arroz (Tabla 13), sucede que mientras los precios reales deflactados por el MUV y el CPI muestran una leve probabilidad (0.111) de saltar a niveles críticos (80 – 100), en cambio, los precios deflactados por el PPI no muestran señales de preocupación (probabilidad de saltar repentinamente a un nivel crítico).

Tabla 13: Matriz de transición para los precios reales del arroz para el último mes y último trimestre del año de mercado.

CALORÍAS		Para					
		80 - 100	60 - 80	40 - 60	20 - 40	0 - 20	
ÚLTIMO MES	MUV	80 - 100	0.5000	0.1250	0.2500	0.1250	0
		60 - 80	0.3000	0.4000	0	0.3000	0
		40 - 60	0.1111	0.2222	0.3333	0.2222	0.1111
		20 - 40	0	0.1000	0.3000	0.2000	0.4000
		0 - 20	0.1111	0.2222	0.1111	0.1111	0.4444
	CPI	80 - 100	0.6250	0.2500	0.1250	0	0
		60 - 80	0.3000	0.4000	0.3000	0	0
		40 - 60	0	0.3333	0.2222	0.3333	0.1111
		20 - 40	0	0.1000	0.1000	0.4000	0.4000
		0 - 20	0.1111	0	0.2222	0.3333	0.3333
	PPI	80 - 100	0.4444	0.3333	0.2222	0	0
		60 - 80	0.2222	0.4444	0.2222	0.1111	0
		40 - 60	0.1111	0.3333	0.2222	0.1111	0.2222
		20 - 40	0.2000	0	0.1000	0.4000	0.3000
		0 - 20	0	0	0.2222	0.4444	0.3333
PROMEDIO ÚLTIMO TRIMESTRE	MUV	80 - 100	0.5000	0.1250	0.3750	0	0
		60 - 80	0.3000	0.4000	0	0.3000	0
		40 - 60	0.1111	0.2222	0.3333	0.3333	0
		20 - 40	0	0.1000	0.2000	0.2000	0.5000
		0 - 20	0.1111	0.2222	0.1111	0.1111	0.4444
	CPI	80 - 100	0.6250	0.2500	0.1250	0	0
		60 - 80	0.3000	0.4000	0.3000	0	0
		40 - 60	0	0.2222	0.3333	0.3333	0.1111
		20 - 40	0	0.2000	0	0.4000	0.4000
		0 - 20	0.1111	0	0.2222	0.3333	0.3333
	PPI	80 - 100	0.3750	0.2500	0.3750	0	0
		60 - 80	0.5000	0.3000	0.1000	0.1000	0
		40 - 60	0	0.4444	0.2222	0.2222	0.1111
		20 - 40	0	0.1000	0.1000	0.4000	0.4000
		0 - 20	0.1111	0	0.2222	0.3333	0.3333

Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank “Pink Sheet” Data, “comodities” Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. **Negritas** los valores que muestran cambios con respecto a BWZ. Año base 2005 = 100.

Con lo anterior, tenemos la evidencia suficiente para decir que, al usar distintos deflatores y la temporalidad de los precios, las matrices de transición no son exactamente las mismas para ninguno de los precios estudiados. Los precios sin tendencia del trigo presentan diferencias importantes cuando se cambian las especificaciones del periodo de tiempo, en comparación a la utilizada por BWZ. En general, las matrices de transición de los precios presentan cambios en relación a BWZ, cuando se cambian deflatores y temporalidad. Si observamos únicamente el cambio en las especificaciones de temporalidad, se observan que las matrices de transición tienen diferencias muy pequeñas.

4.3.3 CRU y precios como señales de advertencia

En esta subsección respondemos a la siguiente pregunta. Cuando cambian los deflatores y cuando cambia la definición del periodo de tiempo: ¿sigue cumpliéndose lo que afirman BWZ de que los CRU son mejores predictores de *precios críticos*? Para responder lo anterior, identificamos los CRU y de los años previos a un precio alto o “*spike*”, e identificamos cual nos brindó una mejor señal de advertencia¹⁴ del estado de los mercados.

a. CRU en niveles críticos

Identificamos los años de CRU en niveles críticos del maíz, trigo, arroz e índice de calorías. Definimos los años de CRU en niveles críticos como los nueve 9 años en que los CRU fueron más bajos en el periodo de 1961-2007 (ver Tabla 14). BWZ muestra que los CRU en niveles críticos, puede ser un buen predictor de los “spikes”.

Tabla 14: Años de CRU en niveles críticos del maíz, trigo, arroz y calorías.

Calorías	Maíz	Trigo	Arroz
1973	1971	1973	1961
1974	1973	1975	1962
1975	1974	1976	1963
1976	1975	1990	1964
1996	1976	1995	1965
1997	1994	1996	1967
2003	1996	1997	1973
2004	1997	2004	1974
2007	2004	2007	1975

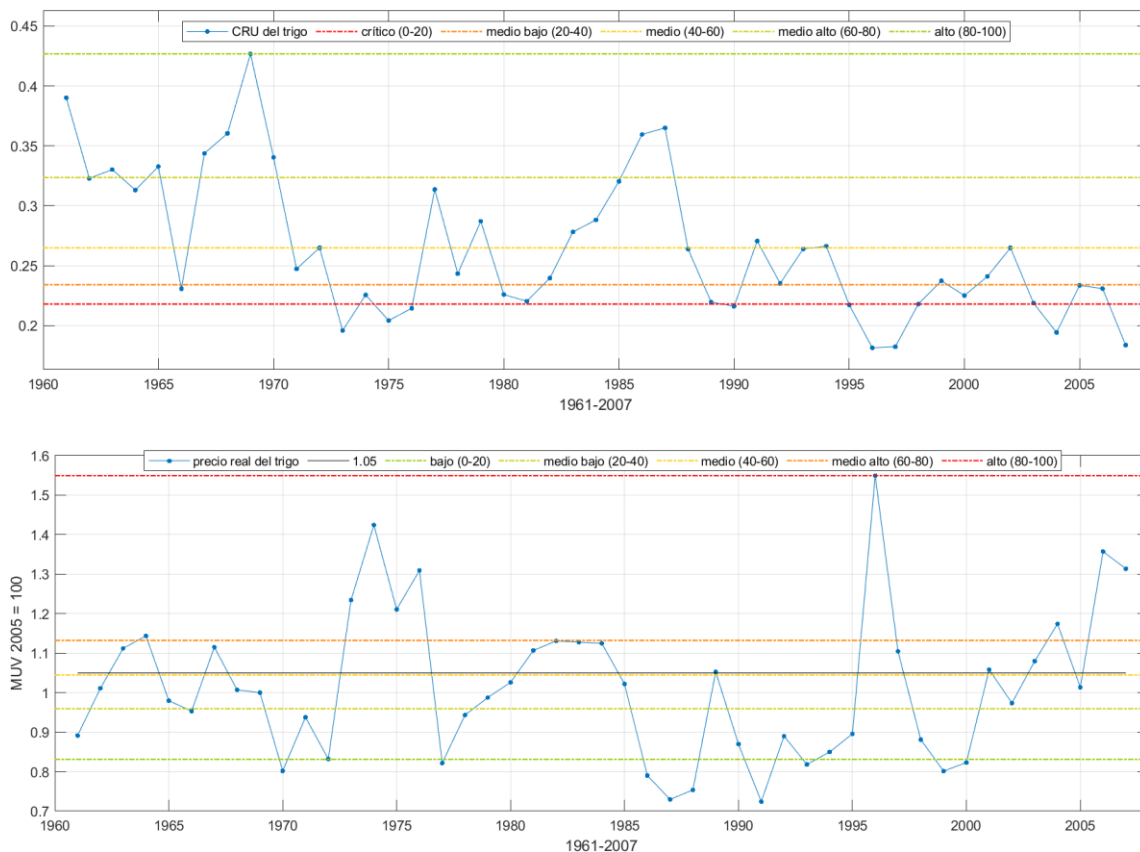
Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de “comodities” Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD.

¹⁴ Una “advertencia” quiere decir que: si el precio o los CRU del periodo anterior son o no buenos predictores de los “spikes” más importantes.

b. CRU y Precios reales sin tendencia del trigo

Para el caso del trigo BWZ identifican como “spikes” dominantes en 1973 – 1976, 1996 y 2006 - 2007. Observamos que para 1972 el precio se encontraba en un rango medio bajo (20 – 40), sin dar señales de advertencia, mientras que el CRU de ese mismo año se encontraba en un nivel medio (40 – 60), dándonos una mejor señal de advertencia que el precio. El año 1995 el rango de precios se encontraba medio bajo (20 – 40) y el CRU se encontraba en un nivel crítico, dando una clara señal de advertencia. En 2005 el precio se encontraba en un rango medio (40 – 60) al igual que el nivel de CRU para ese mismo año. En la Gráfica 11 se muestran los niveles de CRU y los rangos de precios utilizando las mismas especificaciones de BWZ.

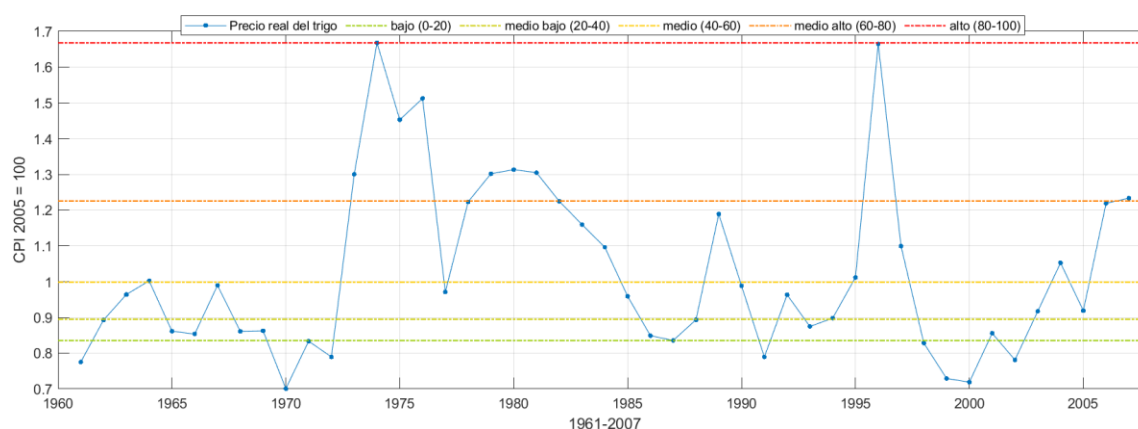
Gráfica 11: Niveles de CRU y rango de precios reales del último mes del año de mercado del trigo deflactado por el MUV



Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank “Pink Sheet” Data, “comodities” Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. Año base 2005 = 100.

Ahora utilizamos el precio del último mes del año de mercado del trigo deflactado por el CPI (ver Gráfica 12). Observamos nuevamente los años anteriores previo a la ocurrencia de precios altos. En adelante nos enfocamos en los años *importantes*¹⁵, no exclusivamente en los 9 años críticos de CRU o de rango de precios altos. Identificamos los años *importantes* a observar de precios altos 1973, 1978, 1996 y 2006. El año de 1972 el precio se encontraba en un rango bajo (0 – 20) sin dar señales de preocupación y el CRU de ese mismo estaba en un nivel medio (40 – 60), dándonos una señal de vulnerabilidad del mercado del trigo. En 1977 el precio del trigo se encontraba en un rango medio alto (60 – 80) al igual que el nivel de CRU, siendo el precio el que nos dio una mejor señal de advertencia. En 1995 el precio se situaba en el rango medio alto (60 – 80) y el CRU de ese mismo año estaba en un nivel crítico (0 – 20). En el año 2005 el CRU y el precio estaban en un nivel y rango medio (40 – 60).

Gráfica 12: Rango de precios del último mes del año del año de mercado del trigo deflactado por el CPI



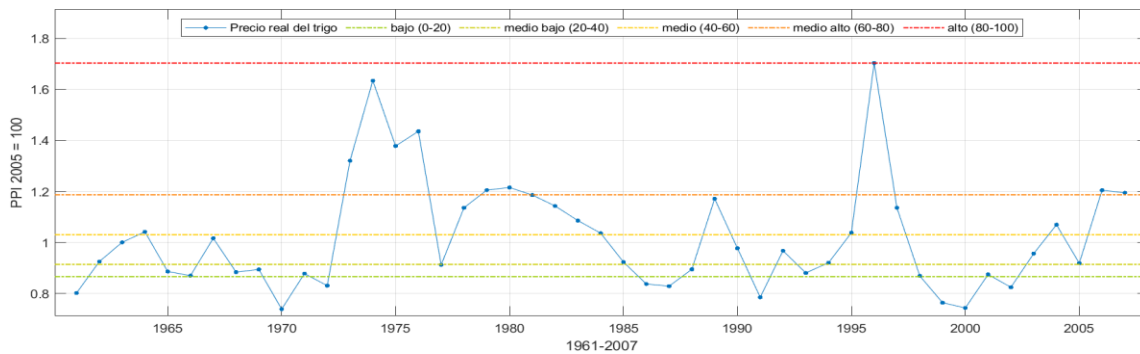
Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank “Pink Sheet” Data, “comodities” Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. Año base 2005 = 100.

Usando ahora la serie de precio del último mes del año del año de mercado del trigo deflactado por el PPI (ver Gráfica 13), identificamos los precios altos en los años *críticos* en 1973, 1979, 1996 y 2006. Ahora observando los años anteriores previo a la ocurrencia de estos precios altos, observamos que el año de 1972 se encontraba en un rango de precios bajo (0 – 20) sin dar una señal de advertencia, mientras que el CRU de ese mismo año se encontraba en un nivel medio (40 – 60) proporcionándonos una mejor

¹⁵ Definimos como años *importantes*, los años en que el precio alcanza por primera vez el rango de precios altos.

señal de advertencia. Durante el año de 1978 el precio estaba en un rango medio alto (60 – 80) y el CRU en un nivel medio (40 – 60), siendo el precio el que mejor advirtió sobre el aumento en el siguiente año. El año de 1995 el precio estaba en un rango medio alto (60 – 80) y el CRU en un nivel crítico (0 – 20). En el año de 2005 el precio estaba en un rango medio bajo (20 – 40), y el CRU en un nivel medio (40 – 60) siendo el CRU el que proporciono una mejor señal de advertencia que el precio.

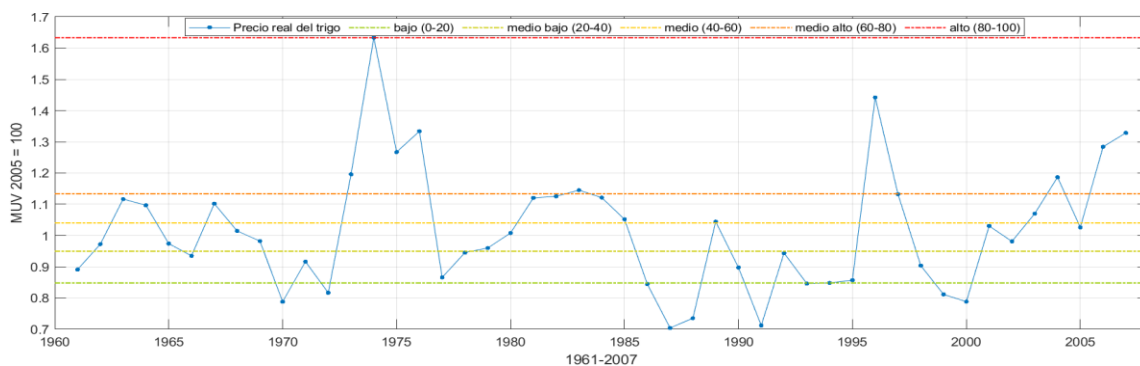
Gráfica 13: Rango de precios del último mes del año de mercado del trigo deflactado por el PPI



Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank “Pink Sheet” Data, “comodities” Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. Año base 2005 = 100.

Usando la serie de precios del promedio del último trimestre del año de mercado del trigo deflactado por el MUV, identificamos dos diferencias importantes relacionadas con las series de precio utilizadas por BWZ. La primera en el año de 1972 el precio se encontraba en un rango bajo (0 – 20) y el CRU en un nivel medio (40 – 60). La otra diferencia es que identificamos un precio alto en 2004. En el 2003 el precio se encontraba en el rango medio alto (60 – 80) y el CRU se encontraba en un nivel crítico (0 – 20).

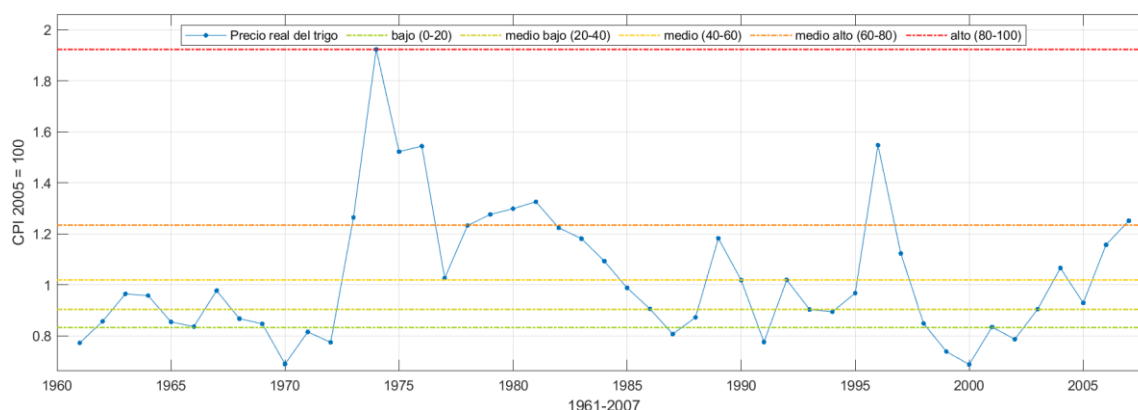
Gráfica 14: Rango de precios del promedio del último trimestre del año de mercado del trigo deflactado por el MUV



Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank “Pink Sheet” Data, “comodities” Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. Año base 2005 = 100.

En el precio del promedio del último trimestre del año de mercado del trigo deflactado por el CPI (Gráfica 15), identificamos diferencias en los precios altos de 1996 y 2007. El año de 1995 el precio se encontraba en un rango medio (40 – 60) y el CRU en un nivel crítico (0 – 20). En el 2006 el precio estaba en un rango medio alto (60 – 80) y el CRU en un nivel medio bajo (20 – 40).

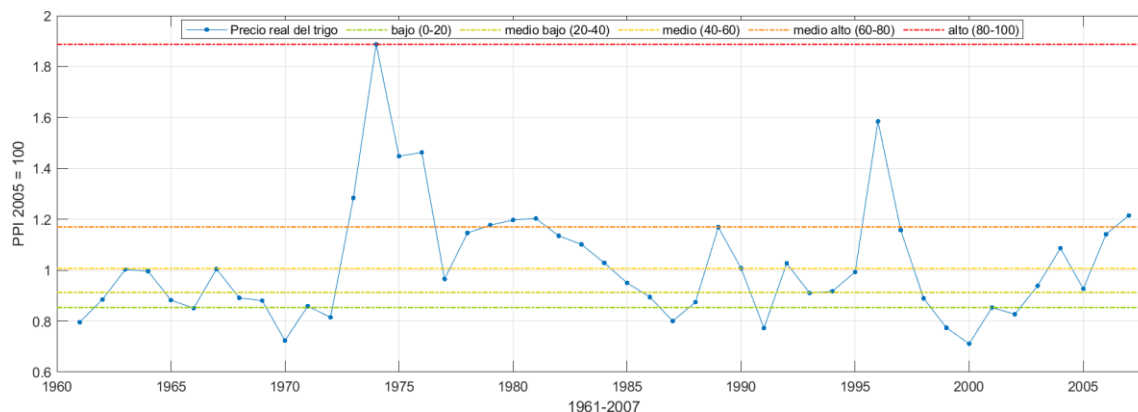
Gráfica 15: Rango de precios del promedio del último trimestre del año de mercado del trigo deflactado por el CPI



Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank “Pink Sheet” Data, “comodities” Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. Año base 2005 = 100.

Por último, observamos la serie de precios del promedio del último trimestre del año de mercado del trigo deflactado por el PPI (Gráfica 16). La diferencia se encuentra en el precio alto de 1989. El año 1988 se encontraba en un rango medio bajo (20 – 40) y el CRU en un nivel medio (40 – 60), siendo el CRU una buena señal de advertencia.

Gráfica 16: Rango de precios del promedio del último trimestre del año de mercado del trigo deflactado por el PPI



Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank “Pink Sheet” Data, “comodities” Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. Año base 2005 = 100.

c. CRU y precios reales sin tendencia del arroz

Los “spikes” dominantes identificadas por BWZ para los precios sin tendencia del arroz, ocurren en 1973 – 1975 (ver Gráfica 17). El año de 1972 situaba el precio en un rango bajo (0 – 20) y el CRU en un nivel medio bajo (20 – 40), dándonos el CRU una señal de advertencia.

Gráfica 17: Niveles de CRU y rango de precios reales del último mes del año de mercado del arroz deflactado por el MUV



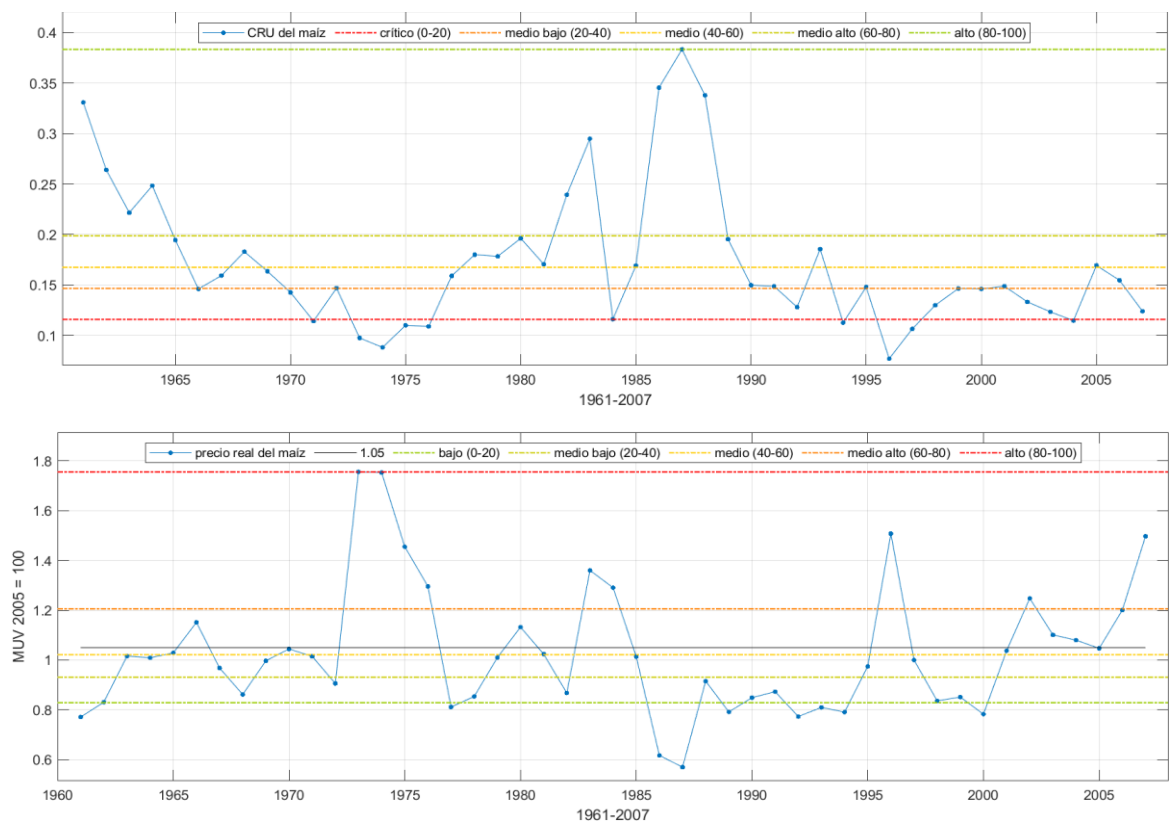
Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank “Pink Sheet” Data, “comodities” Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. Año base 2005 = 100.

Ahora consideramos el precio del último mes del año del año de mercado del arroz deflactado por el CPI y observamos los años *importantes*. El año de 1966 el precio estaba en un rango medio (40 – 60), mientras que el CRU se situaba en un nivel crítico (0- 20) dando una señal clara de advertencia, que el precio no indicó. Esto también ocurre con las especificaciones propuestas por BWZ y para el resto de especificaciones de precio y temporalidad.

d. CRU y precios reales sin tendencia del maíz

Para el caso del maíz, identificamos los precios altos de la serie de precios elaborada por BWZ, situando los principales en los años 1973 – 1975, 1996 y 2007 (ver Gráfica 18). El año de 1972 el precio y CRU se encontraban en un rango medio bajo (20-40) dándonos el CRU una señal de advertencia que el precio no proporcione. El año de 1995 el precio se situaba en un rango medio (40-60) y el CRU se encontraba en un nivel medio bajo (20-40), ampliando la evidencia de que los CRU son buenos indicadores de vulnerabilidad. Para las demás especificaciones de temporalidad y deflactor, no se observan cambios importantes en la información proporcionada por los CRU y los precios.

Gráfica 18: Niveles de CRU y rango de precios reales del último mes del año de mercado del maíz deflactado por el MUV

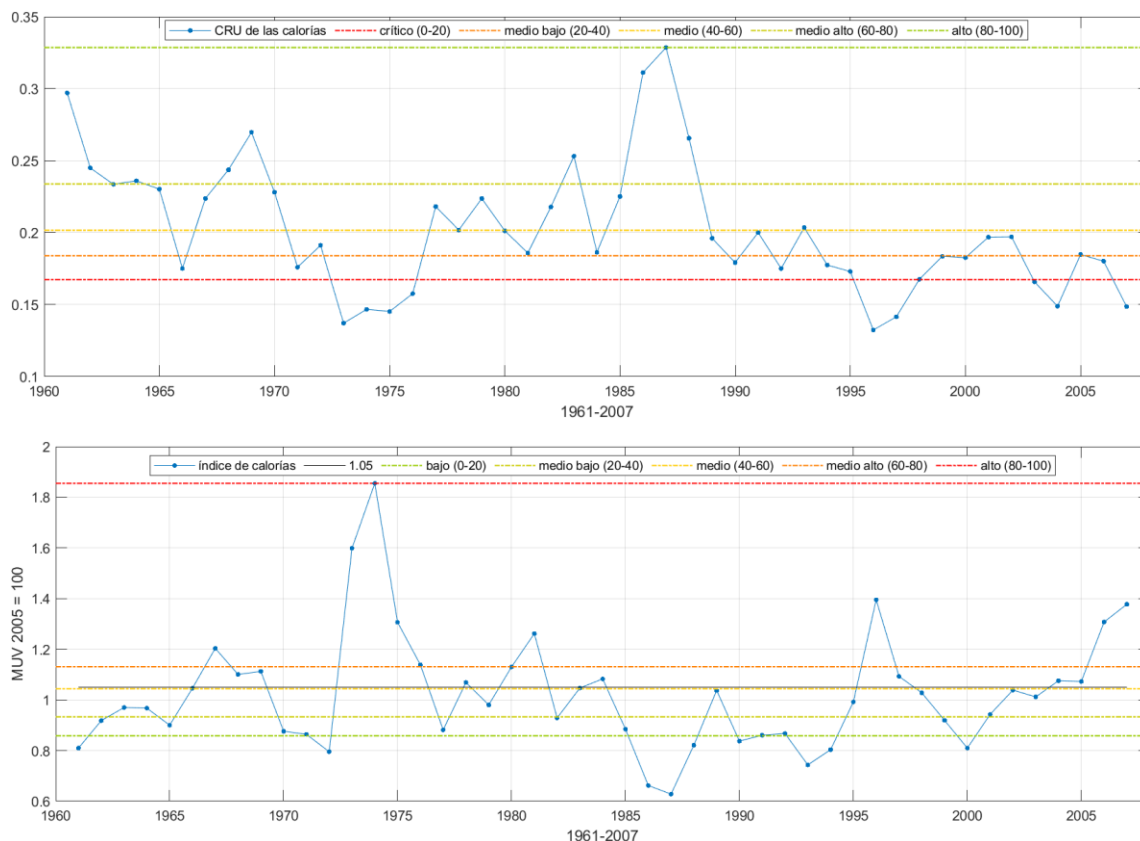


Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank "Pink Sheet" Data, "comodities" Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. Año base 2005 = 100.

e. CRU y precios reales sin tendencia del índice de calorías

En el caso del índice de precios de las calorías, BWZ identifican como “spikes” dominantes los años 1973 – 1975 (Gráfica 19), además de 1996. El año de 1972 el precio estaba en un rango bajo (0-20) y el CRU en un nivel medio (40-60). El año de 1995 el precio estaba en un rango medio (40-60) y el CRU para ese mismo año se encontraba en un nivel medio bajo (20-40). Para ambos casos el CRU proporcionaba mejor evidencia que los precios sobre el estado de los mercados, siendo el CRU un buen indicador de vulnerabilidad. El año 2005 presentaba un precio que se encontraba en un rango medio alto (60-80), mientras el CRU se encontraba en un nivel medio (40-60). Cuando cambiamos las especificaciones de temporalidad y deflatores de precios, no encontramos diferencias sustanciales sobre la información utilizada por BWZ.

Gráfica 19: Niveles de CRU y rango de precios reales del último mes del año de mercado del índice de calorías deflactado por el MUV



Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank “Pink Sheet” Data, “comodities” Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. Año base 2005 = 100.

5. Conclusión

En esta tesis replicamos los resultados obtenidos por BWZ. Además calculamos las nuevas series de precios reales sin tendencia cambiando las especificaciones empleadas por BWZ, por las propuestas por Fernandez, (2012) y Guerra V. et al., (2015), para los deflatores de precio y la periodicidad.

Confirmamos los resultados de BWZ en términos de la escasa relación que existe entre los precios reales sin tendencia y la producción. Comparamos los resultados obtenidos por BWZ de los coeficientes de correlación de los precios reales y el índice de calorías, así como la relación que existe entre los precios reales y los CRU, mostrando que los resultados obtenidos por BWZ son robustos aun cambiando los coeficientes de correlación (Kendall y Spearman) y las especificaciones de temporalidad y deflatores.

Observamos que la estimación de densidad Kernel, no son coherentes con la densidad de una distribución normal, y mediante las pruebas K-S, concluimos que no hay evidencia que muestre cambios entre las distribuciones de los precios cuando utilizamos las distintas especificaciones de temporalidad y deflatores.

Al igual que BWZ, mostramos que los índices de precio de las calorías y los CRU, son buenos indicadores del estado de los mercados de los cereales, incluso si los precios no muestran señales de transición a un nivel de mayor riesgo. Esto se refiere a aquellos años en los cuales el precio del año anterior no se encontraba cerca de niveles críticos, pero si el CRU correspondiente. Concluimos que los resultados obtenidos por BWZ son robustos ante los cambios en el deflactor de precios y el periodo de tiempo.

Resumen

J. Alejandro Osorio. Coeficientes reserva-utilización y precios como indicadores de vulnerabilidad en los mercados de cereales. Tesis, *Magíster* en Economía Agraria y Ambiental, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile, 50 pp. En esta tesis, primero reproduzco los resultados obtenidos por Bobenrieth, E., Wright, B., & Zeng, D. (2013). En segundo lugar, verifico si sus resultados son robustos a cambios en la especificación del período de tiempo y el deflactor. Esta tesis muestra algunas modificaciones menores en las implicaciones de Bobenrieth, Wright y Zeng (2013), pero sus principales conclusiones siguen siendo sólidas.

Palabras clave: *Deflactores, Máximos históricos de precios, Granos básicos, Coeficientes Reserva-Utilización, Estimador de densidad kernel, Kolmogorov-Smirnov*

Referencias

- Bobenrieth, E., Wright, B., & Zeng, D. (2013). *Stocks-to-use ratios and prices as indicators of vulnerability to spikes in global cereal markets*. 44, 1–10. <https://doi.org/10.1111/agec.12049>
- Botev, Z. I., Grotowski, J. F., & Kroese, D. P. (2010). Kernel density estimation via diffusion. *Annals of Statistics*, 38(5), 2916–2957. <https://doi.org/10.1214/10-AOS799>
- Cousineau, D., & Engmann, S. (2015). Comparing Distributions: The Two-Sample Anderson – Darling Test as an Alternative to the Kolmogorov – Smirnov test. *Journal of Applied Quantitative Methods*, 6(May), 1–17. Retrieved from http://www.jaqm.ro/issues/volume-6,issue-3/1_engmann_cousineau.php [Retrieved October 3, 2018]
- Croux, C., & Dehon, C. (2010). Influence functions of the Spearman and Kendall correlation measures. *Statistical Methods and Applications*, 19(4), 497–515. <https://doi.org/10.1007/s10260-010-0142-z>
- Darling, D. A. (1957). The Kolmogorov-Smirnov, Cramér-von Mises tests. *The Annals of Mathematical Statistics*, 28, 823–838.
- Devlin, S. J., Gnanadesikan, R., & Kettenring, J. R. (1975). Robust Estimation and Outlier Detection with Correlation Coefficients. *Biometrika*, 62(3), 531–545.
- FAO. (2009). *El estado de los mercados de productos básicos agrícolas 2009*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/i0854s/i0854s00.htm>
- FAO. (2014). Comité de Problemas de Productos Básicos de la FAO, 70.º período de sesiones. Retrieved from http://www.fao.org/3/Y1420s/Y1420s.htm#P782_25140
- FAO. (2015). *Report of the 70th Session of the Committee on Commodity Problems*.
- Fernandez, V. (2012). Trends in real commodity prices: How real is real? *Resources Policy*, 37(1), 30–47. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2011.12.007>

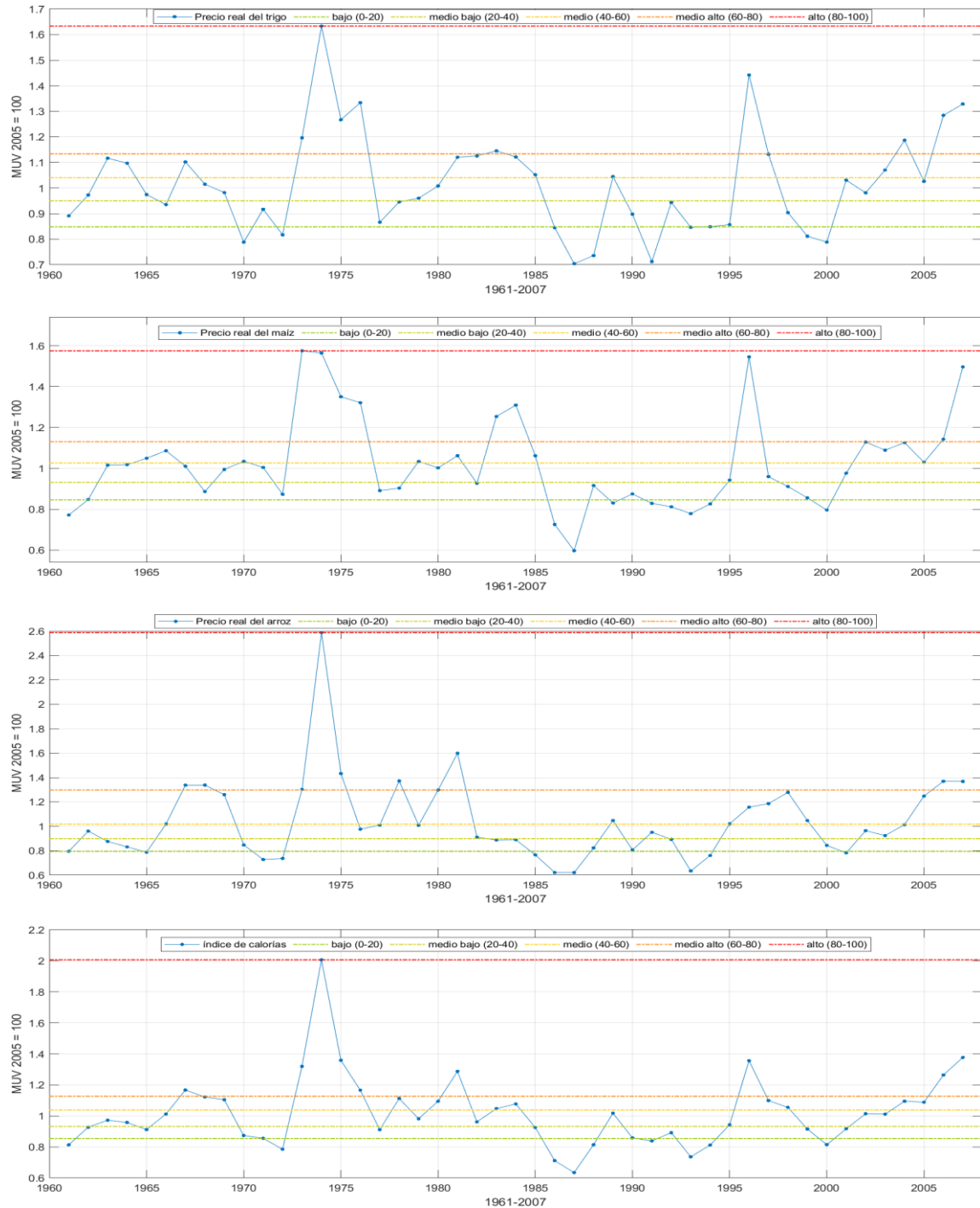
- Foreign Agricultural Service. (2020). Production, Supply & Distribution (PSD). Retrieved from PSD official Statistics website: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home>
- Frank, J., & Massey, J. (1951). The Kolmogorov-Smirnov Test for Goodness of Fit. *Journal of the American Statistical Association*, 46(253), 68–78.
- Gibbons, J. D., & Chakraborti, S. (2014). *Nonparametric Statistical Inference, Fourth Edition: Revised and Expanded*. Retrieved from <https://books.google.com/books?id=kJbVO2G6VicC&pgis=1>
- Goodwin, L. D., & Leech, N. L. (2006). Understanding Correlation: Factors That Affect the Size of r . *Journal of Experimental Education*, 74(3), 251–266. <https://doi.org/10.1111/1467-9639.00088>
- Guerra V., E. A., Bobenrieth H., E. S. A., Bobenrieth H., J. R. A., & Cafiero, C. (2015). Empirical commodity storage model: The challenge of matching data and theory. *European Review of Agricultural Economics*, 42(4), 607–623. <https://doi.org/10.1093/erael/jbu037>
- Hampel, F., Ronchetti, E., Rousseeuw, P., & Stahel, W. (2011). *Robust Statistics: The Approach Based on Influence Functions*. Wiley.
- Hassani, H., & Silva, E. S. (2015). A Kolmogorov-Smirnov based test for comparing the predictive accuracy of two sets of forecasts. *Econometrics*, 3(3), 590–609. <https://doi.org/10.3390/econometrics3030590>
- Kendall, M. (1938). A new measure of rank correlation. *Biometrika*, 30, 81–93.
- Knuth, D. E. (1997). The art of computer programming. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 2). Addison Wesley Longman, Inc.
- Kolmogorov, A. N. (1933). Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione. *Giornale Dell'Istituto Italiano Degli Attuari*, 4, 83–91.
- Kolmogorov, A. N. (1941). Confidence limits for an unknown distribution function. *Annals of Mathematical Statistics*, 12, 461–463.

- Kvam, P. H., & Vidakovic, B. (2007). Nonparametric Statistics with Applications to Science and Engineering. In *Nonparametric Statistics with Applications to Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1002/9780470168707>
- Lining, H. B. (2001). Kolmogorov-smirnov- and cramer-von mises type two-sample tests with various weight functions. *Communications in Statistics Part B: Simulation and Computation*, 30(4), 847–865. <https://doi.org/10.1081/sac-100107784>
- Marron, J. S., & Wand, M. P. (1992). Exact Mean Integrated Squared Error. *The Annals of Statistics*, 20, 712–736. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/2241980>
- Maturi, T., & Elsayigh, A. (2010). A Comparison of Correlation Coefficients via a Three-Step Bootstrap Approach. *Journal of Mathematics Research*, 2(2), 3–10. <https://doi.org/10.5539/jmr.v2n2p3>
- OECD/FAO. (2020). *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2020-2029*. Retrieved from https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/ocde-fao-perspectivas-agricolas-2020-2029_a0848ac0-es
- Roberts, M. J., & Schlenker, W. (2009). World supply and demand of food commodity calories. *American Journal of Agricultural Economics*, 91(5), 1235–1242. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8276.2009.01290.x>
- Roberts, M. J., & Schlenker, W. (2013). Identifying Supply and Demand Elasticities of Agricultural Commodities: Implications for the US Ethanol Mandate. *American Economic Review*, 103(6), 2265–2295. <https://doi.org/10.1257/aer.103.6.2265>
- Scott, D. W. (2004). *Multivariate Density Estimation. Theory, Practice and Visualization*. Berlin.
- Silverman, B. W. (1986). Density Estimation For Statistics and Data Analysis. *Statistics and Applied Probability*, 22.
- Simonoff, J. S. (1996). *Smoothing Methods in Statistics*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4026-6>

- Smirnov, H. (1939). Sur les Écarts de la Courbe de la Distribution Empirique. *Receuil Mathématique (Matematicheskii Sbornik)*, 6, 3–26.
- Spearman, C. (1904). General intelligence objectively determined and measured. *Am J Psychol*, 15, 201–293.
- Svedberg, P., & Tilton, J. E. (2006). The real, real price of nonrenewable resources: Copper 1870-2000. *World Development*, 34(3), 501–519. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2005.07.018>
- Terrell, G. R. ., & Scott, D. W. (1992). Variable kernel density estimation. *Annals of Statistics*, 20, 1236-1265. Retrieved from <https://projecteuclid.org/euclid.aos/1176348768>
- Thas, O. (2010). *Comparing Distributions*. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-92710-7>
- U.S. Departament of Agriculture. (2020). FoodData Central. Retrieved from Agricultural Research Service website: <https://ndb.nal.usda.gov/>
- US Bureau of Labor statistics. (2020a). Consumer Price Index (CPI). Retrieved from US Bureau of Labor statistics website: <https://www.bls.gov/cpi/>
- US Bureau of Labor statistics. (2020b). Producer Price Index (PPI). Retrieved from US Bureau of Labor statistics website: <https://www.bls.gov/ppi/>
- Wagner, J. (2008). German works councils and productivity: First evidence from a nonparametric test. *Applied Economics Letters*, 15(9), 727–730. <https://doi.org/10.1080/13504850600749024>
- Wand, M. P., & Jones, M. C. (1994). Kernel Smoothing. *Chapman & Hall/CRC Monographs on Statistics & Applied Probability*, 60. Retrieved from <http://www.crcpress.com/product/isbn/9780412552700>
- World Bank. (2020). Pink Sheet annual prices. Retrieved from World Bank Research website: <https://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets>

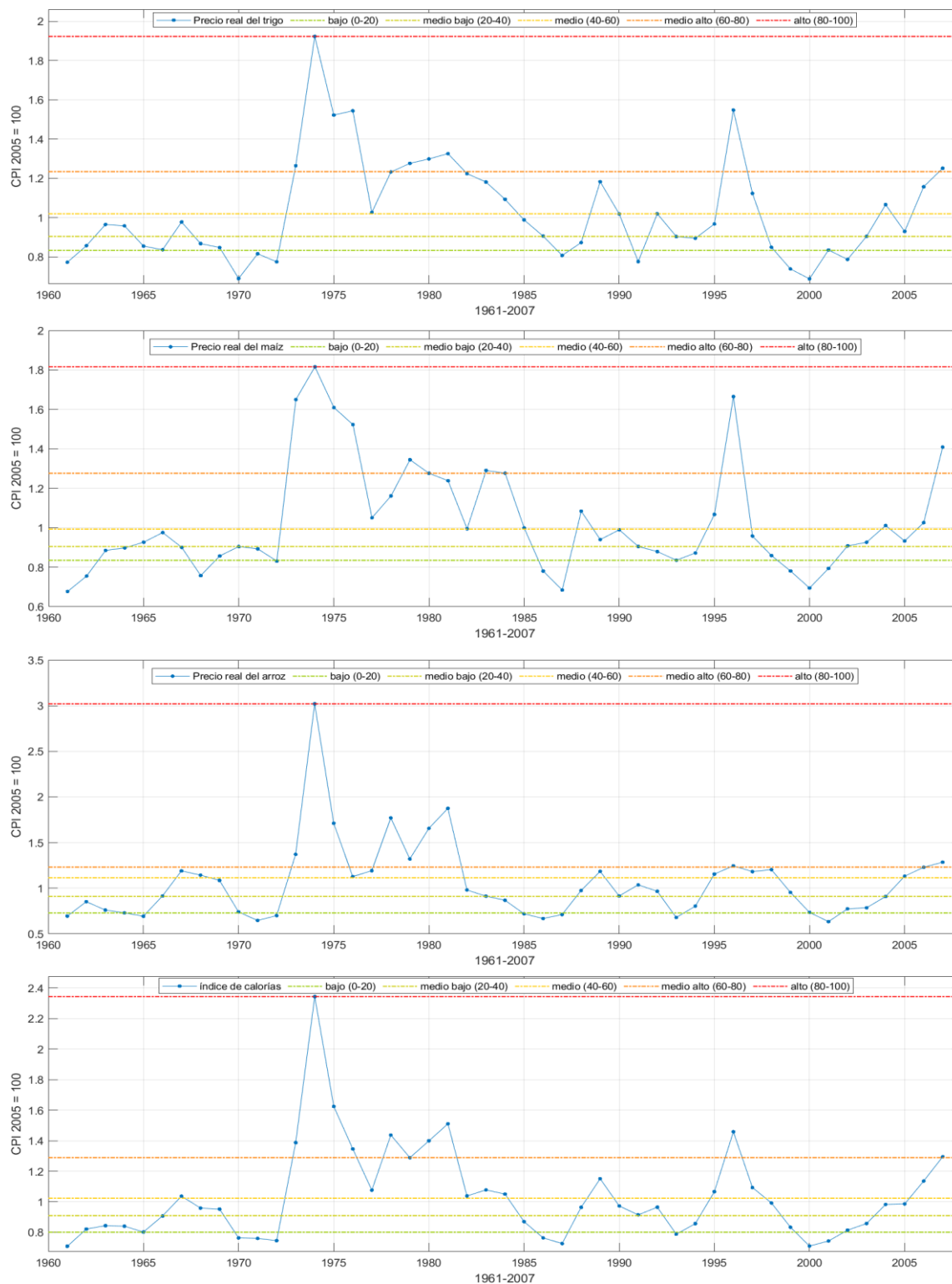
Anexos

Gráfica A.1: Rango de precios del promedio del último trimestre del año del año de mercado del trigo, maíz, arroz e índice de calorías deflactado por el MUV



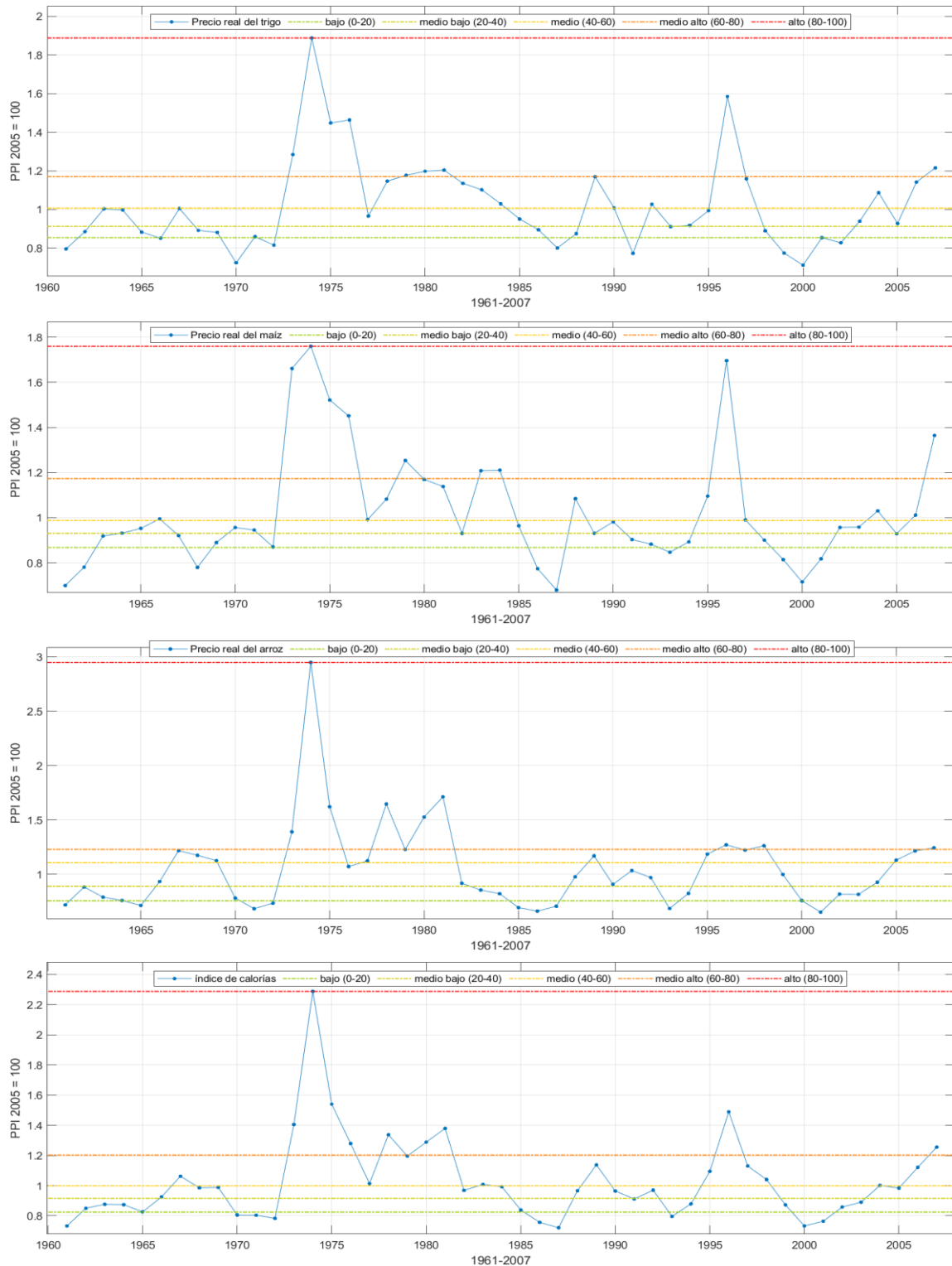
Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank "Pink Sheet" Data, "comodities" Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. Año base 2005 = 100.

Gráfica A.2: Rango de precios del promedio del último trimestre del año del año de mercado del trigo, maíz, arroz e índice de calorías deflactado por el CPI



Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank "Pink Sheet" Data, "comodities" Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. Año base 2005 = 100.

Gráfica A.3: Rango de precios del promedio último trimestre del año del año de mercado del trigo, maíz, arroz e índice de calorías deflactado por el PPI



Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank "Pink Sheet" Data, "comodities" Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. Año base 2005 = 100.

Gráfica A.4: Rango de precios del último mes del año del año de mercado del trigo, maíz, arroz e índice de calorías deflactado por el CPI



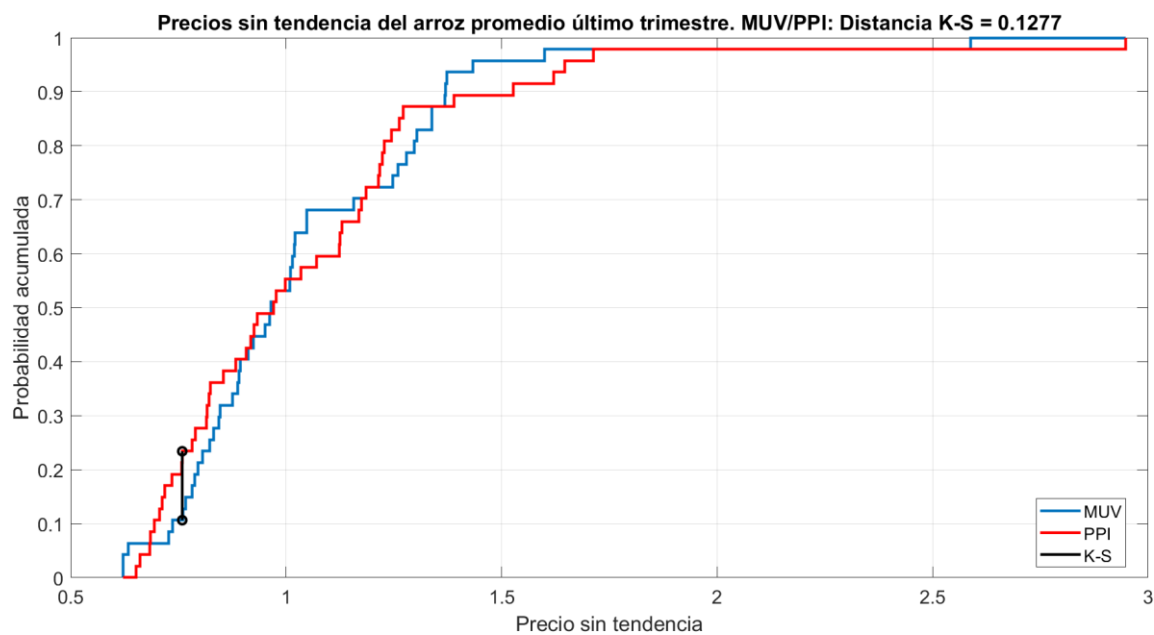
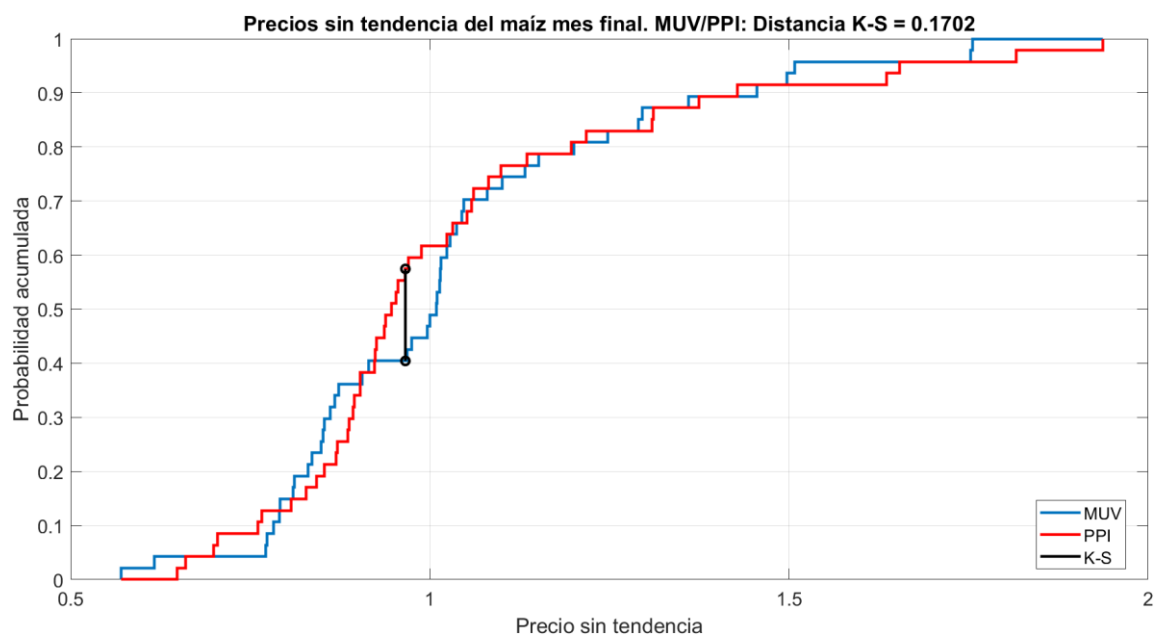
Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank "Pink Sheet" Data, "comodities" Data v US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. Año base 2005 = 100.

Gráfica A.5: Rango de precios del último mes del año del año de mercado del trigo, maíz, arroz e índice de calorías deflactado por el PPI



Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank “Pink Sheet” Data, “comodities” Data v US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. Año base 2005 = 100.

Gráfica A.6: Funciones acumulativas de probabilidad y distancia K-S para el índice de precios del maíz MUV-PPI.



Fuente: Elaborado por el Autor, 2020. Con información de World Bank “Pink Sheet” Data, “comodities” Data y US Bureau of Labor Statistics. USDA PSD. Año base 2005 = 100.

