

Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo



**Rastreado la trayectoria de los precios de la quinua en Bolivia:
Quiebres estructurales y persistencia de choques**

Por:

Javier Aliaga Lordemann
Ignacio Garrón Vedia
María Cecilia Lenis Abastoflor

Serie de Documentos de Trabajo sobre Desarrollo
No. 08/2024

Junio 2024

Las opiniones expresadas en este documento pertenecen al (los) autor(es) y no necesariamente reflejan la posición oficial de las instituciones auspiciadoras ni de la Fundación INESAD (Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo). Los derechos de autor pertenecen al autor y/o a las instituciones auspiciadoras, si las hubiere. El documento solamente puede ser descargado para uso personal.

Rastreado la trayectoria de los precios de la quinua en Bolivia: Quiebres estructurales y persistencia de choques*

Javier Aliaga Lordemann**
Ignacio Garrón Vedia***
María Cecilia Lenis Abastoflor****

La Paz, junio 2024

Resumen

La quinua ha experimentado una notable transformación en las últimas décadas, consolidándose como un pilar fundamental para las comunidades agrícolas andinas y emergiendo como un actor prominente en el mercado global de los súper alimentos. Sin embargo, los precios de este grano han mostrado una dinámica compleja, con grandes fluctuaciones que han impactado directamente sobre los ingresos de los pequeños productores.

Esta investigación tiene como objetivo analizar la dinámica del precio de la quinua en Bolivia identificando los principales eventos y factores que han generado quiebres estructurales en su tendencia, así como también identificando la persistencia de los choques a lo largo del tiempo. Se empleó un enfoque que combina, por un lado, el análisis de quiebres estructurales por medio del contraste de Bai y Perron, y también está la estimación de la memoria larga a través del estimador 2ELW. Adicionalmente, se evaluó la influencia de variables exógenas que afectan sobre los precios. Para ello se contempló el índice de actividad mundial de materias primas, el índice oceánico de El Niño y la producción mundial de la quinua.

Los hallazgos revelan múltiples quiebres estructurales en la serie de precios de la quinua que se relacionan con ciertos eventos clave. Por ejemplo, están los cambios en la investigación y el desarrollo, el auge de la producción y

* La investigación forma parte del proyecto “*Creating Indigenous Women's Green Jobs Under Low-Carbon COVID-19 Responses and Recovery in the Bolivian Quinoa Sector*” actualmente desarrollado por la Fundación INESAD bajo el patrocinio del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC), Canadá. Los posibles errores son de entera responsabilidad de los autores.

** Investigador Asociado de INESAD (jaliaga@inesad.edu.bo).

*** Investigador invitado de INESAD (ignaciogarron@gmail.com).

**** Investigadora Junior de INESAD (mLenis@inesad.edu.bo).

la comercialización, y el impulso de las iniciativas gubernamentales y de la cooperación internacional. Estos quiebres también se asocian a distintos grados de persistencia de los choques en cada régimen identificado. Si bien las variables exógenas no muestran efectos significativos a corto plazo, se reconoce que podrían tener una influencia relevante en diferentes periodos.

Este estudio demuestra la complejidad en la dinámica de los precios de la quinua en Bolivia, que está caracterizada por múltiples quiebres estructurales. Para aprovechar las oportunidades en este mercado, los productores y formuladores de políticas deben implementar estrategias flexibles y de monitoreo constante de la evolución del sector, tomando en cuenta los factores clave que han impulsado los cambios en la tendencia de precios a lo largo del tiempo.

Palabras clave: Quinoa, precios, quiebres estructurales, memoria larga, dinámica de mercado, región andina.

Código JEL: Q10, Q11, Q17, O13, C22

Abstract

Quinoa has undergone a remarkable transformation in recent decades, consolidating its position as a fundamental pillar for Andean farming communities and emerging as a prominent player in the global superfood market. However, the prices of this grain have shown complex dynamics, with large fluctuations that have had a direct impact on the income of small producers.

This research aims to analyze the price dynamics of quinoa in Bolivia by identifying the main events and factors that have generated structural breaks in its trend, as well as identifying the persistence of shocks over time. An approach was used that combines, on the one hand, the analysis of structural breaks by means of the Bai and Perron contrast, and also the estimation of the long memory through the 2ELW estimator. Additionally, the influence of exogenous variables that affect prices was evaluated. For this purpose, the world commodity activity index, the El Niño ocean index and world quinoa production were considered.

The findings reveal multiple structural breaks in the quinoa price series that are related to certain key events. For example, there are the changes in research and development, the production and marketing boom, and the momentum of government initiatives and international cooperation. These breaks are also associated with varying degrees of persistence of shocks in each identified regime. Although the exogenous variables do not show significant effects in the short term, it is recognized that they could have a relevant influence in different periods.

This study demonstrates the complexity of quinoa price dynamics in Bolivia, which is characterized by multiple structural breaks. To take advantage of the opportunities in this market, producers and policy makers must implement flexible strategies and constantly monitor the evolution of the sector, taking into account the key factors that have driven changes in price trends over time.

Key words: Quinoa, prices, structural breaks, long memory, market dynamics, Andean region.

JEL Code: Q10, Q11, Q17, O13, C22

Introducción

Para los productores andinos, el panorama de la producción de la quinua fue prometedor durante muchos años, con precios de exportación atractivos y una demanda creciente. Fue así como en 2013 los precios llegaron a un máximo de, aproximadamente, 8 USD/kg, 7 USD/kg y 6 USD/kg para Bolivia, Perú y Ecuador, respectivamente. Este contexto favorable fue explicado, entre otros factores, por la demanda creciente de los Estados Unidos¹. No obstante, en 2014 los precios colapsaron, debido al cierre de mercados y a la aparición de nuevos competidores, lo que generó un impacto negativo en los ingresos de los pequeños productores de la región andina (Alandia *et al.*, 2020).

A 2022, tanto los precios de exportación como los niveles de producción de la quinua en la región se mantuvieron en niveles similares a los de 2014, lo que mostró un estancamiento en el mercado. En este contexto, entender la dinámica de los precios de la quinua es un tema relevante tanto para los pequeños productores como para los hacedores de política en la región andina. Asimismo, de acuerdo al conocimiento de los autores del presente documento, este podría significar el primer análisis de las características del precio de la quinua.

Así, en este trabajo se analiza el papel de diferentes sucesos que condicionaron los cambios tendenciales en el precio de exportación de la quinua entre enero de 1992 y diciembre de 2022. Se observa que los quiebres estructurales en la serie de tiempo analizada coinciden con acontecimientos y proyectos nacionales e internacionales llevados a cabo para promover la producción de la quinua.

Para analizar los cambios en el precio de la quinua, se emplea un enfoque algorítmico que identifica los eventos relevantes de manera endógena. Este método, también utilizado por Prados de la Escosura y Rodríguez-Caballero (2022) para estudiar el crecimiento económico europeo en relación con pandemias y guerras, se basa en el contraste propuesto por Bai y Perron (1998), que estima tanto el número como la fecha de los cambios estructurales en la serie de precios. Se emplea la metodología propuesta por Bai y Perron (2003a) para la estimación y la de Bai y Perron (2003b) para los valores críticos de la prueba. Este proceso implica dividir la muestra en submuestras con un parámetro de recorte ε que define el tamaño mínimo del segmento relativo al tamaño de la muestra. Las estimaciones se realizan mediante mínimos cuadrados ordinarios en cada segmento, y luego se determinan los valores estimados de los quiebres estructurales a partir de un problema de minimización global.

En el análisis se observa que fueron dos los eventos que mayor impacto tuvieron en los precios. En primera instancia, debe resaltarse que en el periodo comprendido entre 2007 y 2012 se tuvieron avances significativos en la promoción y el desarrollo de la quinua en el altiplano sur de Bolivia con la implementación de programas enfocados a mejorar la calidad de vida de los productores y a promover una producción sostenible del grano. Sin embargo, el evento que causó un efecto más persistente en el nivel de precios fue el *Año internacional de la quinua*, acontecido en 2013. Cabe mencionar que si bien durante este régimen los precios se incrementaron, sus efectos se observaron en periodos posteriores.

¹ Ver Alandia *et al.* (2020) para una mayor discusión.

El resto del documento se encuentra estructurado de la siguiente manera: En la sección I se presenta un breve análisis de la economía de la quinua en la región andina. En las secciones II y III se presentan los datos y la metodología, respectivamente. Finalmente, en las secciones IV y V se presentan los principales resultados y las conclusiones del trabajo, respectivamente.

I Economía de la quinua en la región

En las últimas décadas, la economía de la quinua ha experimentado una transformación significativa, estableciéndose como un componente crucial para las comunidades agrícolas andinas y emergiendo como un protagonista destacado en el mercado global de superalimentos². En la presente sección se analiza la evolución económica de la quinua en la región andina. Para ello se detalla cómo las dinámicas de producción y de mercado han influido en los precios regionales y cómo han configurado las estrategias de los agricultores locales.

Jacobsen (2011) destaca la capacidad de la quinua para adaptarse a diversas condiciones agroecológicas, lo que permite su cultivo más allá de sus zonas tradicionales en los Andes. Esta adaptabilidad ha propiciado una diversificación geográfica significativa, lo que a su vez ha estimulado un interés global creciente en el cultivo. La internacionalización de la quinua ha transformado este grano de un alimento básico local en un producto de alta demanda a nivel mundial.

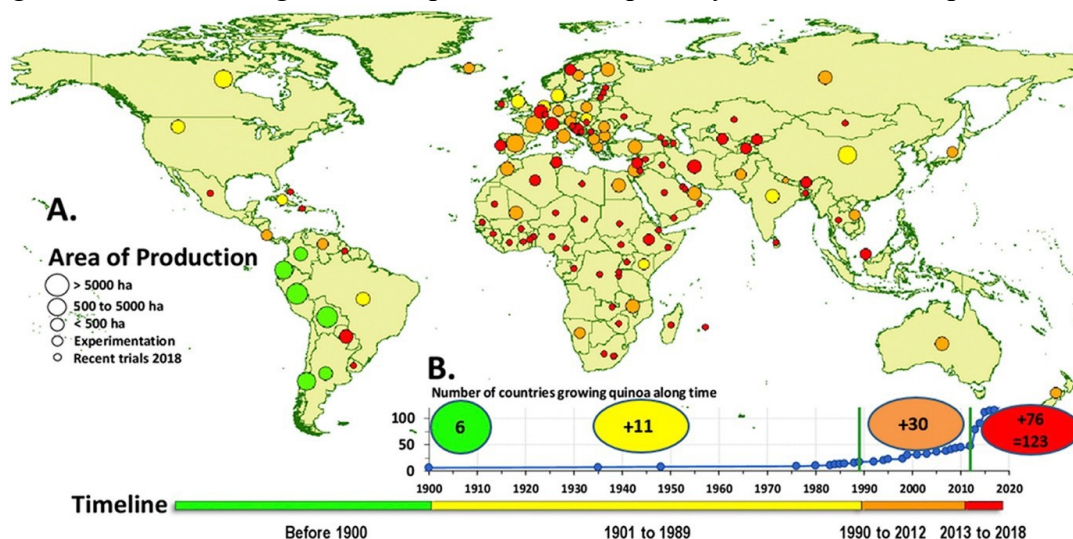
Ante este aumento de la demanda global, Ofstehage (2012) y Stevens (2017) observan que los productores andinos han adoptado nuevas estrategias comerciales para integrarse más efectivamente en los mercados internacionales. Estos cambios incluyen una transición de prácticas de subsistencia a métodos de cultivo más comerciales, y además un ajuste a las normas y expectativas internacionales que implican una profesionalización y formalización en las técnicas de cultivo y comercialización.

La Figura 1 muestra la evolución en la distribución mundial de producción de quinua desde antes de 1900 hasta 2018. Antes de 1900 se observa que el cultivo de este grano era exclusivo para algunos países andinos. A partir de 1901 empieza el periodo de experimentación, donde otros países empiezan a producirla, y de este modo se llega a 123 países en 2018. Sin embargo, pese a toda esta nueva competencia, los países andinos siguen teniendo una relevancia importante en el mercado, ya que cuentan con la mayor área de producción.

La expansión del mercado de la quinua no ha estado exenta de desafíos. Bazile y Baudrom (2015), Bazile *et al.* (2016) y González *et al.* (2015) discuten cómo la creciente competencia global ha ejercido presión sobre los precios, tanto a nivel local como internacional. Este fenómeno ha afectado directamente sobre la estabilidad económica de los pequeños productores, quienes además han enfrentado fluctuaciones significativas en los precios.

² Se emplea la palabra “súper alimento” para referirse a aquellos alimentos que proporcionan numerosos beneficios para la salud humana como resultado de una alta densidad nutricional.

Figura 1: Distribución global de la producción de quinua y evolución de las plantaciones



Fuente: Alandia *et al.* (2020).

En este sentido, resalta la importancia de las colaboraciones entre agricultores para acceder a mercados más lucrativos y para ejercer prácticas agrícolas sostenibles. Estas redes colaborativas han mejorado no solo las condiciones económicas de los productores, sino también han fomentado un comercio más justo y equitativo (Carimentrand *et al.*, 2015).

El auge de la quinua también ha presentado oportunidades para la exploración de mercados alternativos y el desarrollo de productos derivados, lo que ha creado nuevas oportunidades económicas y ha ayudado a estabilizar los precios (Bellemare *et al.*, 2018). Sin embargo, Benique Olivera (2021) y Jaikishun *et al.* (2019) también advierten sobre la volatilidad de los mercados y sus efectos potenciales disruptivos.

En términos de sostenibilidad, Andreotti *et al.* (2022), Jacobsen (2011) y Liuhto *et al.* (2016) discuten cómo la necesidad de adaptarse a las demandas del mercado internacional ha llevado a inversiones en tecnología y capacitación que, si bien han aumentado la productividad, también han generado una dependencia de algunos insumos externos como los fertilizantes y pesticidas, que podrían alterar los equilibrios ecológicos locales. Es crucial gestionar con cuidado los recursos genéticos de la quinua para evitar la erosión de su diversidad biológica y cultural. Estos son aspectos críticos, dado el significado histórico y cultural de la quinua para los pueblos andinos (Bazile y Baudrom, 2015).

Entender la complejidad de la economía de la quinua en la región andina es vital para comprender también cómo los cambios en la producción y las dinámicas de mercado global han influenciado directamente sobre la estructura de precios y las estrategias económicas locales. La comprensión de estos y otros posibles factores asociados es fundamental para abordar, de manera específica, los cambios y los eventos que han impactado en la dinámica de precios del grano de oro.

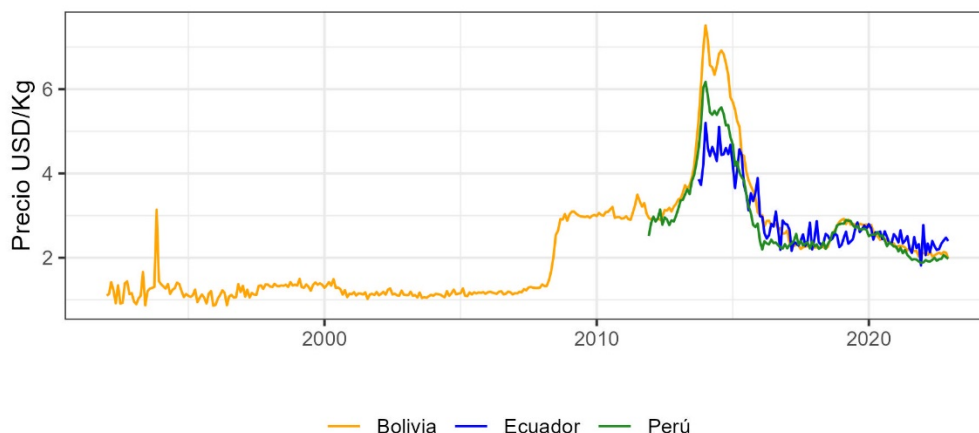
II Datos

II.1 Precio de la quinua

Los datos recopilados comprenden series históricas mensuales de los precios de exportación *Free On Board (FOB)* de los principales países productores de la región andina: Perú, Bolivia y Ecuador. Dado que Bolivia cuenta con la serie mensual histórica con mayor disponibilidad de datos (desde 1992 hasta 2022, $T = 372$), esta se utiliza como un precio *benchmark* de la quinua a nivel global. Es decir, si bien Perú y Ecuador también se encuentran entre los principales exportadores en la actualidad, se opta por utilizar exclusivamente los datos de Bolivia debido a la mayor longitud de su serie temporal.

Es importante indicar que Bolivia fue el principal exportador mundial de quinua hasta el año 2013, y que además tiene patrones similares en la evolución de los precios con respecto a los otros dos países, como se observa en la Figura 2. Este enfoque es esencial para mitigar las limitaciones impuestas por la menor cobertura de datos en ciertos intervalos temporales para Perú y Ecuador. La serie resultante es utilizada para identificar características clave como la estacionariedad y la presencia de tendencias y quiebres estructurales. Los análisis indican que las series de precios no son estacionarias y que las tendencias observadas pueden ser atribuidas tanto a factores estocásticos como a cambios estructurales significativos en el mercado (Alandia *et al.*, 2020).

Figura 2: Precio de la quinua exportada en la región andina



Fuente: Elaboración propia con base en el Instituto Nacional de Estadísticas (2022) e *International Trade Centre* (2022).

II.2 Factores asociados al precio de la quinua

En el análisis de los factores exógenos que influyen en el precio de exportación, se consideran diferentes variables fundamentales para entender tanto el comportamiento del mercado como las condiciones ambientales que afectan la producción. En concreto, se toman en cuenta las siguientes variables: i) el Índice de Actividad Mundial de las Materias Primas (IGREA), ii) el Índice Oceánico de El Niño (ONI), y iii) la producción mundial de quinua.

Cuadro 1: Definición de variables

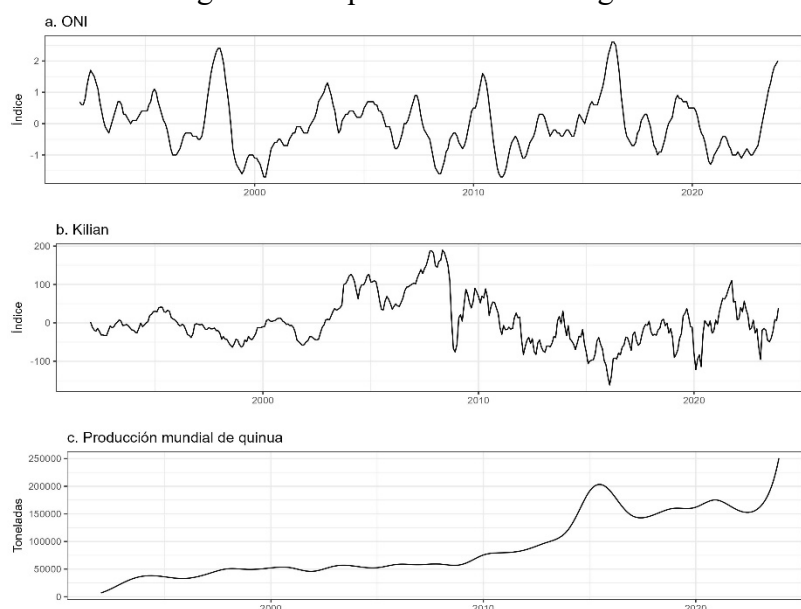
Variable	Descripción	Fuente
Precio de exportación de la quinua	Precio de la quinua en USD/kg para Bolivia	Instituto Nacional de Estadísticas (2024) e <i>International Trade Centre</i> (2024).
Índice de actividad mundial de las materias primas (IGRAE)	Índice de ciclo económico expresado en desviaciones porcentuales de la tendencia (Kilian, 2009 y 2019)	Reserva Federal de Dallas (2024)
Índice Oceánico de El Niño (ONI)	Índice que mide el desarrollo y la intensidad de El Niño	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2024)</i>
Producción mundial de la quinua	Producción mensual mundial de la quinua en toneladas	Elaboración propia con base en <i>FAO</i> (2022).

Fuente: Elaboración propia.

El Índice de Actividad Mundial de las Materias Primas (IGREA), originalmente propuesto por Lutz Kilian (2009), es un indicador significativo para medir la actividad económica real en los mercados de materias primas. El índice es especialmente relevante para la quinua, dado que los choques globales, tanto de oferta como demanda, pueden influir significativamente en su precio. Los aumentos o disminuciones en este índice suelen anticipar cambios en los precios de las materias primas (Carimentrand et al., 2015).

El Índice Oceánico de El Niño (ONI) es esencial para medir las anomalías en la temperatura del océano, que están directamente vinculadas con El Niño. Este fenómeno puede tener efectos devastadores en las condiciones meteorológicas (e.g. sequías o inundaciones excesivas), lo que impacta directamente en la producción agrícola. Al entender estos eventos, los productores pueden tomar medidas preventivas para proteger sus cultivos y, en consecuencia, su estabilidad económica y su producción (Bazile y Baudrom, 2015; Jacobsen, 2011).

Figura 3: Bloque de variables exógenas



Fuente: Elaboración propia con base en los datos descritos en el Cuadro 1.

La variable de producción mundial de la quinua es considerada para identificar cómo los cambios en la oferta, ya sea por condiciones climáticas adversas, cambios en las políticas agrícolas, o por la innovación tecnológica, pueden afectar a los precios en un nivel global. Analizar y considerar esta variable puede contribuir a entender mejor las dinámicas de oferta y demanda y su efecto en la dinámica de precios (Andreotti *et al.*, 2022; Bazile y Baudrom, 2015).

Las variables descritas en el párrafo anterior, al ser estudiadas conjuntamente, permiten tener una visión más completa de los factores que pueden afectar, potencialmente, a la disponibilidad de la quinua en el mercado global y, por lo tanto, también a los precios de este grano. En la Figura 4 puede observarse de manera gráfica el bloque de variables exógenas mencionadas.

III Metodología econométrica

III.1 Contrastes de quiebres estructurales

Para analizar los acontecimientos históricos que produjeron un cambio en la tendencia del precio de la quinua, utilizamos un algoritmo que estima las fechas de estos eventos de manera endógena; es decir, sin presuponer la existencia o ubicación de estas fechas. Recientemente, Prados de la Escosura y Rodríguez-Caballero (2022) utilizaron el mismo enfoque para estudiar el crecimiento económico moderno de Europa y su relación con episodios de pandemias y guerras.

De manera similar, utilizamos el contraste de Bai y Perron (1998) para estimar tanto el número como la fecha de los quiebres estructurales en la serie de precios de la quinua. En cuanto al algoritmo de estimación, nos remitimos a Bai y Perron (2003a); para el cálculo de valores críticos de la prueba, a Bai

y Perron (2003b).

Para modelar los quiebres estructurales en el precio de la quinua, consideramos la siguiente especificación que contiene una constante y una tendencia lineal,

$$y_t = \beta_{0,j} + \beta_{1,j}t + u_t \quad , \quad t = T_{j-1} + 1 \dots, T_j \quad (1)$$

para el régimen $j = 1, \dots, m + 1$ y donde se utiliza la convención $T_0 = 0$ y $T_{m+1} = T$. En este modelo y_t es el logaritmo del precio de la quinua, y $\beta_{0,j}$ y $\beta_{1,j}$ son los parámetros correspondientes al intercepto y a la pendiente de la tendencia lineal estimados para el j -ésimo régimen, respectivamente. El objetivo es estimar los parámetros desconocidos junto con las fechas de quiebres estructurales cuando disponemos de información hasta T .

Bai y Perron (2003b) proponen una prueba denominada $F(\ell + 1|\ell)$, que testea secuencialmente la hipótesis nula de existencia de ℓ quiebres estructurales frente a la alternativa de $\ell + 1$ quiebres estructurales. La idea general del procedimiento es dividir la muestra en submuestras basadas en un parámetro de recorte, denotado por ε , que define el tamaño mínimo del segmento que puede darse como una fracción relativa al tamaño de la muestra³.

El método de estimación se basa en mínimos cuadrados ordinarios. Para cada segmento m, T_1, \dots, T_m , las estimaciones por mínimos cuadrados asociadas $\beta_{0,j}, \beta_{1,j}$ se obtienen minimizando la suma de los residuos al cuadrado,

$$S_t(T_1, \dots, T_m) = \sum_{j=1}^{m+1} \sum_{t=T_{j-1}+1}^{T_j} (y_t - \beta_{0,j} - \beta_{1,j}t) \quad (2)$$

Denotaremos $\hat{\beta}_0(\{T_j\})$ y $\hat{\beta}_1(\{T_j\})$ a las estimaciones basadas en la partición T_1, \dots, T_m . ($\{T_j\}$). Posteriormente, al sustituir estos parámetros estimados en la ecuación 2, obtenemos el valor estimado de los quiebres estructurales $S_t(\hat{T}_1, \dots, \hat{T}_m) = \arg \min_{T_1} (S_t(T_0, \dots, T_m))$, donde los valores estimados vienen del problema de minimización global de la función objetivo. Nos referimos a Bai y Perron (2003a) para el problema de programación dinámica y a Zeileis *et al.* (2002) para su aplicación en el entorno de programación R .

III.2 Enfoque de memoria larga

En el anterior apartado, hemos supuesto que la serie de precios de la quinua sigue un proceso estacionario alrededor de una tendencia determinista, lo que implica que los choques tienen efectos temporales. Alternativamente, podríamos sugerir que esta serie tiene una tendencia estocástica y que, por tanto, puede tener cierta tendencia estructural de dependencia con su pasado. En este caso, un choque podría

³ Por ejemplo, los valores críticos asintóticos proporcionados por Bai y Perron (2003a) utilizan un parámetro de recorte base de $\varepsilon = 5$. No obstante, dependiendo de las características de la muestra, el investigador puede elegir y calibrar ε para otros valores.

tener un efecto permanente sobre la serie. Cuando este choque es lo suficientemente persistente pero acaba por “olvidarse” en algún momento, se dice que tiene “memoria larga”. En particular, seguimos la aplicación de Prados de la Escosura y Rodríguez-Caballero (2022), que se fundamenta en Beran (2017). En los modelos de memoria larga, la persistencia se mide por un parámetro (fraccionario) denotado por d . De acuerdo con Beran (2017), podemos tener diferentes interpretaciones dependiendo del valor de d :

- a) Si $d = 0$, la serie es estacionaria, lo que implica que cualquier perturbación que afecte a la serie solo tiene repercusiones a corto plazo.
- b) Un proceso muestra memoria larga si $0 < d < 1$. En este caso, un choque externo tiene un efecto temporal sobre la serie, aunque dependiendo del valor de d , este choque puede tener un efecto más persistente. Específicamente, el proceso es estacionario si $0 < d < 0,5$, mientras que no lo es cuando $d \geq 0,5$.
- c) Un proceso con $d \geq 1$ es no estacionario y no reversible a la media. Por lo tanto, un choque externo tiene efectos permanentes sobre la serie.

En nuestro análisis, estimamos la memoria fraccionaria d por el método *two-step exact local Whittle* (*2ELW*) propuesto por Shimotsu (2010) para cada uno de los regímenes previamente estimados por la metodología Bai-Perron. En nuestro contexto, este estimador no paramétrico resulta importante ya que puede manejar medias desconocidas y tendencias polinomiales, cubriendo zonas estacionarias como no estacionarias. Por ejemplo, Prados de la Escosura y Rodríguez-Caballero (2022) muestran la conveniencia de esta metodología para analizar la memoria larga del crecimiento del PIB per cápita para distintos países europeos.

IV Resultados

IV.1 Quiebres estructurales y persistencia en los precios de la quinua

Son diversos los factores y eventos que han podido influir en los cambios del precio de la quinua durante el periodo estudiado. La creciente popularidad del grano en las últimas décadas ha tenido un papel importante en las fluctuaciones tanto de la oferta como de la demanda. Los cambios en las condiciones climáticas, como las temperaturas extremas y las sequías, también han influido considerablemente en la producción de la región y, por lo tanto, en el precio.

El Cuadro 2 proporciona información por quiebres estructurales para cada régimen y subrégimen⁴ analizado, con intervalos de confianza (CI) y tasas de crecimiento de la tendencia para el precio de la quinua en Bolivia según cada régimen. Además, el cuadro proporciona el parámetro de memoria

⁴ Los subregímenes se definen como los períodos comprendidos entre dos cambios estructurales sucesivos estimados endógenamente, los cuales coinciden con episodios de cambios en la producción y el comercio de quinua. Por otro lado, los regímenes se plantean en función de eventos importantes que pudieron influir con la producción, el comercio, cambios significativos en la política, economía o tecnología que pudieron haber afectado el precio de la quinua. El detalle de los regímenes se encuentra en el Cuadro 2.

fraccional d de cada régimen estimado mediante el método 2ELW.

La estimación de los quiebres depende del parámetro de recorte $\varepsilon = 0,05$, que ha sido calibrado para cada caso individual⁵. El parámetro de memoria a largo plazo se estima con anchos de banda $m = T^{0,70}$, donde T es la duración de cada régimen. Este parámetro es elegido a menudo en la literatura econométrica para evitar que otros componentes de la serie temporal (como los componentes de nivel o estacionales) interfieran con una estimación correcta de la persistencia. En este sentido, a continuación se describen los posibles motivos que generaron los quiebres estructurales.

Cuadro 2: Quiebres estructurales, regímenes y persistencia del precio de la quinua en Bolivia

Régimen	Quiebres estructurales	Periodo	Duración (meses)	CI 95 %	2ELW	Tasa de Crecimiento (%)
1	1993(10)	1992(01) - 1993(10)	22	1992(11) - 1993(11)	1,15	0,24
2	1995(05)	1993(11) - 1995(05)	19	1995(04) - 1995(09)	2,32	-2,83
	1997(07)	1995(06) - 1997(07)	26	1997(04) - 1997(11)	0,31	0,57
3	2000(08)	1997(08) - 2000(08)	37	2000(07) - 2000 (09)	-0,08	0,02
	2006(12)	2000(09) - 2006(12)	76	2006(09) - 2007(01)	0,29	0,04
4	2008(06)	2007(01) - 2008(06)	18	2008(05) - 2008(07)	0,05	2,14
	2012(11)	2008(07) - 2012(11)	53	2012(10) - 2012(12)	0,88	0,13
5	2014(05)	2012(12) - 2014(05)	18	2014(04) - 2014(06)	2,21	5,48
6	2016(02)	2014(06) - 2016(02)	21	2016(01) - 2016(03)	0,20	-4,58
	2018(08)	2016(03) - 2018(08)	30	2018(07) - 2018(09)	1,25	-0,90
		2018(09) - 2022(12)	50		0,84	-0,77

Fuente: Elaboración propia.

1. Primer régimen: En la serie de tiempo analizada se observa que, en el primer régimen, el precio de la quinua tuvo una tasa de crecimiento positiva (0,24% entre enero de 1992 y octubre de 1993). Este crecimiento podría atribuirse al impulso significativo que experimentó la investigación y experimentación de este cultivo a nivel internacional durante la década. Así, la Unión Europea se interesó en la producción e investigación del grano en tal periodo. Entre 1992 y 1997, el Proyecto IBTA-BM⁶, financiado por el Banco Mundial, desempeñó un papel crucial en el fortalecimiento de la investigación sobre la quinua en Bolivia. El proyecto, enfocado en mejorar la seguridad alimentaria del país, llevó a la obtención de variedades mejoradas. Este interés pudo haber generado cambios en la percepción y la demanda del grano a nivel global, lo que a su vez pudo influir en su precio. Los avances mencionados tuvieron un efecto considerable y duradero en el precio de exportación, lo cual se refleja en el parámetro $d = 1,146$, lo que indica que el proceso es no estacionario y no reversible a la media (Bazile y Baudrom, 2015; Gandarillas *et al.*, 2013).

⁵ Para encontrar este valor se realizó una búsqueda de valores de $\varepsilon = [0,05; 0,012]$.

⁶ Proyecto conjunto entre el Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria y el Banco Mundial. Incluyó los principales rubros de la seguridad alimentaria en Bolivia: papa, trigo, quinua, leguminosas, maíz, ganadería y forrajes.

- 2. Segundo régimen:** En respuesta al creciente interés mundial por la quinua, se implementó un proyecto de la Unión Europea dentro del programa AIR1, titulado *Quinua: Un cultivo múltiple para la diversificación agrícola de la CE, 1993-1997* (IICA, 2015).

Los datos revelan que durante el segundo período, desde noviembre de 1993 hasta julio de 1997, se observaron dos subperíodos distintos. El primero, comprendido entre noviembre de 1993 y mayo de 1995, exhibió una tasa de crecimiento negativa y un comportamiento no estacionario ni reversible a la media ($d = 2,315$).

El segundo subperíodo, que se extendió desde junio de 1995 hasta julio de 1997, fue estacionario ($d = 0,314$) y marcado por una leve recuperación en los precios. Así, tras un notable aumento en octubre de 1993, los precios se estabilizaron y posteriormente disminuyeron durante el periodo mencionado. Estos cambios en la serie tuvieron, en el primer subperiodo, efectos duraderos, evidenciando una tendencia a la baja que sugiere una falta de reversibilidad hacia la media; sin embargo, en el segundo subperiodo el quiebre estructural identificado no tuvo un efecto persistente.

- 3. Tercer régimen:** El tercer régimen identificado se encuentra definido entre agosto de 1997 y diciembre de 2006, y comprende dos subperiodos. En 1997, las políticas del gobierno llevaron al cierre del Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA) y la transferencia de responsabilidades a las prefecturas departamentales. Así, las universidades y organizaciones como la Fundación PROINPA asumieron un papel fundamental en la continuidad de la investigación y el desarrollo del cultivo (Carimentrand *et al.*, 2015; IICA, 2015). Tal evento no tuvo un gran efecto sobre el precio de la quinua, que tuvo un crecimiento del 0,02 % en el subperiodo comprendido entre agosto de 1997 y agosto de 2000.

La creación de PROINPA en 1999, con el apoyo de diversas organizaciones internacionales, representó un esfuerzo concertado para mantener y avanzar en la investigación de la quinua en el país. La decisión de PROINPA de reclutar a profesionales reconocidos e investigadores experimentados del ex Programa de Investigación de Quinua del IBTA fue crucial para preservar el conocimiento acumulado y el patrimonio genético asociado con la quinua. El segundo subperiodo pudo verse influenciado por este suceso, puesto que se observa una tasa de crecimiento del 0,04 % entre septiembre de la gestión 2000 y diciembre de 2006 (Bazile y Baudrom, 2015; Bazile *et al.*, 2016).

La consolidación del Banco Nacional de Granos Altoandinos bajo la custodia de PROINPA y, posteriormente, del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) aseguró la preservación a largo plazo del germoplasma de la quinua y otros cultivos andinos. Este período de transición marcó un cambio significativo en la gobernanza y el financiamiento de la investigación agrícola en Bolivia, con un enfoque renovado en la colaboración internacional y el fortalecimiento de las capacidades institucionales para el desarrollo sostenible del sector agrícola (IICA, 2015).

4. Cuarto régimen: Se define el cuarto régimen entre enero de 2007 y noviembre de 2012, el cual está compuesto también por dos subperiodos. De manera general, puede decirse que este régimen se caracteriza por los significativos avances en la promoción y el desarrollo de la quinua en el Altiplano Sur de Bolivia. Durante el período 2005-2008, la Fundación de Apoyo a las Universidades de Tarija y Potosí (FAUTAPO), con respaldo de la Embajada del Reino de los Países Bajos, ejecutó el Programa Quinua Real del Altiplano Sur. El programa se centró en potenciar la Quinua Real como actividad económica principal en la región, impulsando su producción y promoviendo su consumo a nivel nacional e internacional. Se observa que en el primer subperiodo (entre enero de 2007 y junio de 2008), la tasa de crecimiento de la serie fue del 2,14%, pero las actividades mencionadas anteriormente no tuvieron un impacto duradero (IICA, 2015).

Por otra parte, en el segundo subperiodo, comprendido entre julio de 2008 y noviembre de 2012, se tuvo una tasa de crecimiento tendencial positiva (0,13%), pero el valor de $d = 0,880$ sugiere que el proceso exhibe una memoria de menor duración. Cabe mencionar, sin embargo, que la gestión 2008 marcó un cambio hacia la producción de la quinua orgánica en el Altiplano Sur.

Entre 2009 y 2013 se implementó la Fase II del Programa Complejo Productivo Altiplano Sur (COMPASUR), con el propósito de mejorar la calidad de vida de los productores mediante la producción sostenible de quinua real orgánica y mediante su promoción a nivel nacional e internacional. Durante este periodo, FAUTAPO obtuvo resultados notables, aumentando la competitividad del Altiplano Sur, especialmente con la producción de la quinua real, la ganadería y el turismo rural (IICA, 2015). Estos esfuerzos incluyeron actividades desde la producción sostenible hasta la industrialización de la quinua real, contribuyendo así al desarrollo integral de la región.

5. Quinto régimen: Los cambios observados en el quinto régimen, acontecido entre diciembre de 2012 y mayo de 2014, responden a las actividades que derivaron del Año Internacional de la Quinua, llevado a cabo en 2013. El evento fue organizado como una iniciativa internacional de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO por sus siglas en inglés) destinada a resaltar el valor de este cultivo andino. La atención mundial hacia la quinua aumentó significativamente después de esto, lo que generó una mayor demanda y visibilidad del producto a nivel internacional y en Bolivia, donde la percepción y el enfoque hacia la quinua mejoró tanto a nivel gubernamental como en la sociedad civil (Muñoz Jáuregui, 2013).

La relevancia de este evento internacional queda patente en el notable aumento del precio de la quinua boliviana durante este periodo, pues se registró un incremento del 5,48%. Además, se observa que este proceso es no estacionario y no reversible a la media ($d = 2,207$), lo que sugiere que el Año Internacional de la Quinua tuvo efectos perdurables en el precio del grano en esta coyuntura.

El Año Internacional de la Quinua actuó como catalizador para el desarrollo y la promoción de políticas y proyectos relacionados con la quinua en Bolivia (Bazile *et al.*, 2019). Las autoridades tomaron medidas para impulsar su producción, promoción y comercialización a nivel nacional e

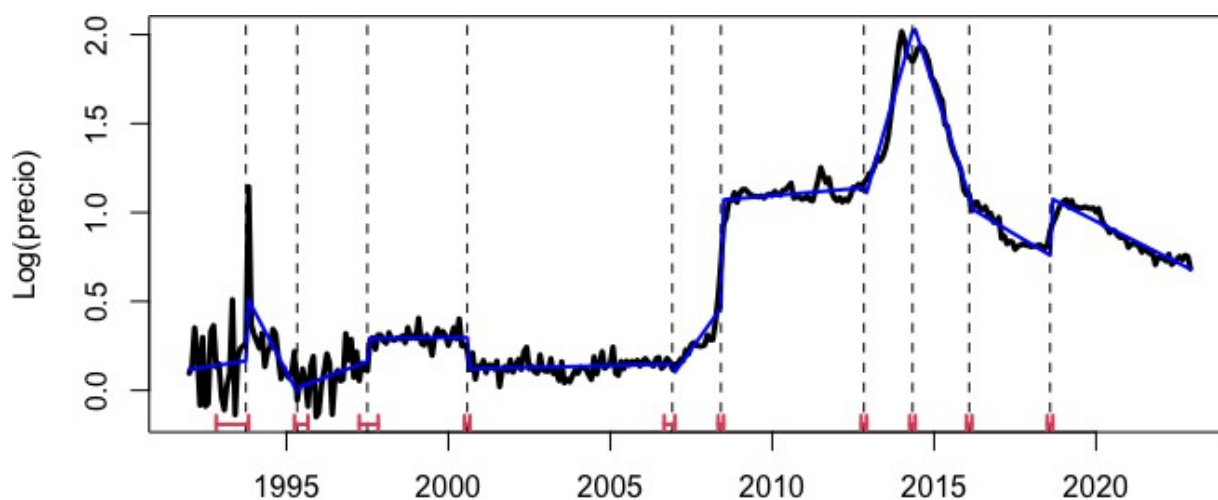
internacional, e implementaron iniciativas para mejorar su infraestructura agrícola, fortalecer las capacidades de sus productores y fomentar la investigación y desarrollo en torno a ella. Este impulso inicial se tradujo en un crecimiento continuo en los años siguientes, lo que dejó un impacto duradero en la industria, posiblemente debido a una mayor conciencia pública sobre los beneficios del grano y la implementación de estrategias para mejorar su competitividad y acceso a nuevos mercados.

- 6. Séptimo régimen:** Después de 2016 se observa una respuesta del mercado ante la caída de los precios en años anteriores y a la entrada de nuevos competidores en el mercado internacional, lo que diversificó la oferta y estabilizó los precios a niveles más bajos. Esta tendencia refleja cómo las dinámicas externas, como ser los cambios climáticos, las políticas internacionales y las tendencias de consumo, pueden ejercer una influencia significativa en los mercados agrícolas locales.

La naturaleza dinámica del mercado de la quinua en la región andina se evidencia en el análisis de los precios, que revela una sensibilidad extrema a una variedad de factores externos, lo que subraya la importancia de monitorear de cerca estos elementos para comprender y adaptarse a las fluctuaciones del mercado.

La entrada de nuevos competidores y la estabilización de los precios a niveles más bajos después de 2016 pueden haber sido el resultado de una mayor oferta global, impulsada por un aumento en la producción y exportación del cultivo en diversas regiones. Esta situación puede haber sido influenciada también por cambios en las condiciones climáticas, políticas comerciales y por la demanda del consumidor, lo que destaca la necesidad de una gestión ágil y adaptativa por parte de los actores del mercado agrícola.

Figura 4: Identificación de cambios estructurales: Logaritmo del precio de la quinua y tendencias



Fuente: Elaboración propia con base en el Instituto Nacional de Estadísticas (2022). Nota: Los valores de tendencia fueron obtenidos de acuerdo al Cuadro 2.

V Relación del precio de la quinua con el resto de los factores

En esta sección analizamos los factores que podrían estar relacionados con las variaciones del precio de la quinua. Para esto utilizamos la transformación estacionaria del logaritmo del precio de la quinua, que es entendido como la desviación de la serie con respecto a los cambios de la tendencia (ver Figura 5). Es importante indicar que los residuos y el resto de las variables son estacionarias.⁷

Los resultados del análisis sugieren que, según la regresión por mínimos cuadrados ordinarios con errores robustos Newey-West, solo el rezago parece tener una influencia significativa en los cambios de los precios de la quinua, aunque su efecto es leve (ver Cuadro 3). Los coeficientes de las demás variables son estadísticamente iguales a cero, lo que indica que tienen poco o ningún efecto en los cambios de precio en el corto plazo.

Sin embargo, es importante considerar que estas variables podrían tener efectos sobre el precio de la quinua en diferentes períodos, y estos efectos podrían estar siendo capturados por la tendencia determinista. Por ejemplo, el crecimiento de la producción mundial tuvo una evolución similar durante el período de *boom* y caída del precio de la quinua (entre 2014 y 2016), lo que sugiere una relación entre estas variables.

En resumen, aunque las variables adicionales no parecen afectar significativamente los cambios de precio de la quinua en el corto plazo, es posible que tengan efectos sobre la serie de precios en diferentes períodos. Esto destaca la importancia de considerar la narrativa de los quiebres estructurales para explicar los distintos regímenes.

VI Conclusiones

La quinua ha experimentado una creciente popularidad a nivel mundial en las últimas décadas, impulsada por su valor nutricional y sostenibilidad. Sin embargo, los precios de este grano andino han mostrado una dinámica compleja, con diversos quiebres estructurales que reflejan los factores subyacentes que han influido en su evolución. Este estudio se enfoca en la dinámica del precio de la quinua en Bolivia utilizando un enfoque metodológico que combina el análisis de quiebres estructurales y la evaluación de la persistencia de los choques a través de la memoria larga.

La aplicación del contraste de Bai y Perron permitió identificar múltiples quiebres estructurales en la serie de precios de la quinua, lo cual sugiere que diferentes eventos y factores han impactado la tendencia de estos precios a lo largo del tiempo. El análisis de la memoria larga, a través del estimador 2ELW, complementa estos hallazgos al revelar distintos grados de persistencia de los choques en cada uno de los regímenes identificados.

Los resultados muestran que los quiebres estructurales en 1993 y 1997 están relacionados con cambios

⁷ Rechazamos la hipótesis nula del test Augmented Dickey–Fuller con constante y selección de rezagos por Akaike.

significativos en la investigación y el desarrollo del cultivo en Bolivia, como el lanzamiento de proyectos internacionales y la transición institucional del IBTA a otras organizaciones. Esto refleja la importancia de la innovación y el fortalecimiento de capacidades en el sector para impulsar la competitividad.

Posteriormente, el auge de la producción y comercialización de la quinua se vio reflejado en el quiebre de 2000, cuando se crearon organizaciones de procesamiento en respuesta a los altos precios internacionales y al acceso a proyectos y recursos financieros. Asimismo, los quiebres de 2006 y 2008 coinciden con períodos de promoción y desarrollo de la quinua en el Altiplano Sur, con un énfasis en la producción sostenible y orgánica. El quiebre de 2014 está relacionado con el impacto del Año Internacional de la Quinua, que sirvió como catalizador para el desarrollo y la promoción de políticas y proyectos en torno a este cultivo en Bolivia, generando así un impulso duradero en la industria.

El análisis de factores adicionales, como el crecimiento de la producción mundial, muestra que si bien estos factores o variables no parecen tener un efecto significativo en los cambios de precio a corto plazo, sí que podrían tener una influencia relevante en diferentes períodos, lo cual estaría siendo capturado por la tendencia determinista identificada.

Dada la complejidad de la dinámica de precios, caracterizada por múltiples quiebres estructurales, los productores de quinua deben adoptar un enfoque estratégico y adaptativo en elaboración con políticas de precios y pronósticos. El monitoreo continuo de los factores clave, como los avances en investigación y desarrollo, los cambios en la estructura de mercado y las tendencias de consumo, será fundamental para anticipar y responder adecuadamente a las fluctuaciones del mercado.

Este estudio demuestra la importancia de comprender la evolución y los factores determinantes de los precios de la quinua en Bolivia, dada su relevancia económica y social. La aplicación de un enfoque robusto que combine el análisis de quiebres estructurales y la memoria larga ha permitido identificar los principales eventos y elementos que han impulsado los cambios en la tendencia de estos precios a lo largo del tiempo. Los hallazgos pueden ser valiosos para que los productores y formuladores de políticas diseñen estrategias efectivas que les permitan adaptarse y aprovechar las oportunidades en este mercado dinámico.

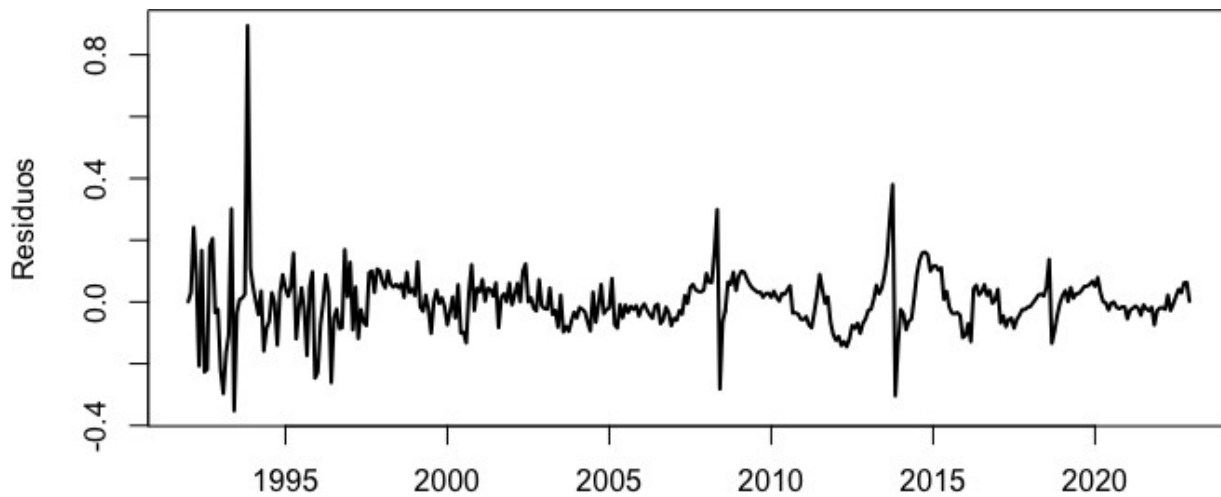
Referencias

- Alandia, G., Rodriguez, J. P., Jacobsen, S. E., Bazile, D. y Condori, B. (2020). Global Expansion of Quinoa and Challenges for the Andean Region. *Global Food Security*, 26, 100429.
- Andreotti, F., Bazile, D., Biaggi, C., Callo-Concha, D., Jacquet, J., Jemal, O. M., King, O. I., Mbosso, C., Padulosi, S., Speelman, E. N. y van Noordwijk, M. (2022). When Neglected Species Gain Global Interest: Lessons Learned from Quinoa's Boom and Bust for Teff and Minor Millet. *Global Food Security*, 32, 100613.
- Bai, J. y Perron, P. (2003a). Computation and Analysis of Multiple Structural Change Models. *Journal of Applied Econometrics*, 18. <https://doi.org/10.1002/jae.659>.
- Bai, J. y Perron, P. (2003b). Critical Values for Multiple Structural Change Tests. *The Econometrics Journal*, 6. <https://doi.org/10.1111/1368-423x.00102>.
- Bai, J. y Perron, P. (1998). Estimating and Testing Linear Models with Multiple Structural Changes. *Econometrica*, 66. <https://doi.org/10.2307/2998540>.
- Bazile, D. y Baudrom, F. (2015). The Dynamics of the Global Expansion of Quinoa Growing in View of its High Biodiversity (C. N. Didier Bazile, Daniel Bertero, Ed.). *State of the Art Report on Quinoa Around the World in 2013*, 478-491.
- Bazile, D., Biaggi, M. C. y Jara, B. (2019). Cinco años después de la celebración del año internacional de la quinua. *Libro de resúmenes, VII Congreso mundial de la quinua y otros granos andinos*, Chile.
- Bazile, D., Jacobsen, S. E. y Verniau, A. (2016). The Global Expansion of Quinoa: Trends and Limits. *Frontiers in Plant Science*, 7, 184730. www.frontiersin.org.
- Bellemare, M. F., Fajardo-Gonzalez, J. y Gitter, S. R. (2018). Foods and Fads: The Welfare Impacts of Rising Quinoa Prices in Peru. *World Development*, 112, 163-179.
- Benique Olivera, E. (2021). Impacto económico del cambio climático en el cultivo de quinua (*chenopodium quinoa willd*) orgánica en la región del altiplano: un enfoque ricardiano. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(4), 236-243.
- Beran, J. (2017). *Statistics for Long-Memory Processes*. <https://doi.org/10.1201/9780203738481>.
- Carimentrand, A., Baudoin, A., Lacroix, P., Didier, B. y Chia, E. (2015). Quinoa Trade in Andean Countries: Opportunities and Challenges for Family. https://agritrop.cirad.fr/575498/1/document%7B%5C_%7D575498.pdf
- FAO (2024). FAOSTAT: Datos sobre alimentación y agricultura [Base de datos]. Recuperado el 15 de marzo de 2024 de www.fao.org/faostat/es/#home
- Gandarillas, A., Rojas, W., Bonifacio, A. y Ojeda, N. (2013). La quinua en Bolivia: perspectiva de la Fundación PROINPA. *Estado del arte de la quinua en el mundo*, 410-431.
- González, J. A., Eisa, S. S., Hussin, S. A. E. S. y Prado, F. E. (2015). Quinoa: An Incan Crop to Face Global Changes in Agriculture. *Quinoa: Improvement and Sustainable Production*, 1-18.
- Instituto Nacional de Estadística (2024). Datos de Comercio Exterior [Base de datos]. Recuperado el 15 de marzo de 2024 de www.ine.gob.bo/comex/

- International Trade Centre (2024). Trade statistics for international business development [Base de datos]. Recuperado el 17 de marzo de 2024 de www.trademap.org/Index.aspx
- Jacobsen, S. E. (2011). The Situation for Quinoa and Its Production in Southern Bolivia: From Economic Success to Environmental Disaster. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 197(5), 390-399.
- Jaikishun, S., Li, W., Yang, Z. y Song, S. (2019). Quinoa: In Perspective of Global Challenges. *Agronomy* 2019, 9(4), 176.
- Kilian, L. (2009). Not all oil price shocks are alike: Disentangling demand and supply shocks in the crude oil market. *American economic review*, 99(3), 1053-1069.
- Liuhto, M., Mercado, G. y Aruquipa, R. (2016). El cambio climático sobre la producción de quinua en el altiplano boliviano y la capacidad de adaptación de los agricultores. *Revista de investigación e innovación agropecuaria y de recursos naturales*, 3(2), 166-178.
- Muñoz Jáuregui, A. M. (2013). Año internacional de la quinua. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 79(1), 1-2.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (2024). National Weather Service, Cold & Warm Episodes by Season. [Base de datos]. Recuperado el 14 de marzo de 2024 de origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php
- Ofstehage, A. (2012). The Construction of an Alternative Quinoa Economy: Balancing Solidarity, Household Needs, and Profit in San Agustín, Bolivia. *Agriculture and Human Values*, 29(4), 441-454.
- Prados de la Escosura, L. y Rodríguez-Caballero, C. V. (2022). War, Pandemics, and Modern Economic Growth in Europe. *Explorations in Economic History*, 86. <https://doi.org/10.1016/j.eeh.2022.101467>.
- Reserva Federal de Dallas (2024). Index of global real economic activity [Base de datos]. Recuperado el 15 de marzo de 2024 de www.dallasfed.org/research/igrea
- Risi, J. Rojas, W., Pacheco, M. (2015). Producción y mercado de la quinua en Bolivia. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura – IICA. La Paz, Bolivia.
- Shimotsu, K. (2010). Exact Local Whittle Estimation of Fractional Integration with Unknown Mean and Time Trend. *Econometric Theory*, 26. <https://doi.org/10.1017/S0266466609100075>.
- Stevens, A. W. (2017). Quinoa Quandary: Cultural Tastes and Nutrition in Peru. *Food Policy*, 71, 132-142.
- Zeileis, A., Leisch, F., Hornik, K. y Kleiber, C. (2002). Strucchange: An R package for Testing for Structural Change in Linear Regression Models. <https://doi.org/10.18637/jss.v007.i02>.

VII Apéndice

Figura 5: Transformación estacionaria del precio de la quinua



Fuente: Elaboración propia con base en el Instituto Nacional de Estadísticas (2022). Nota: Los valores son obtenidos de acuerdo con una regresión que incorpora los cambios en tendencia de acuerdo con el Cuadro 2 y la Figura 3.

Cuadro 3: Relación del precio de la quinua

	<i>Variable dependiente:</i>
	Residuo
Rezago	0,168* (0,091)
Índice ONI	0,005 (0,004)
$\Delta\text{Log}(\text{Producción mundial})$	0,086 (0,275)
Índice de Kilian	-0,00001 (0,0001)
Cambio en la temperatura	0,001 (0,008)
Constante	-0,001 (0,007)
Observaciones	371
R ²	0,035
R ² ajustado	0,022
Residual Std. Error	0,080 (df = 365)
Estadístico F	2,643** (df = 5; 365)

Note: * $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$. Errores estándar Newey-West.