Economía Vol. XXXI, N° 62, semestre julio-diciembre 2008, pp. 55-75 / ISSN 0254-4415

El modelo de inventarios de mercancías considerando la interacción entre procesadores y especuladores

César Revoredo Giha*
Scottish Agricultural College (SAC)

RESUMEN

Este artículo considera una versión alternativa del modelo de inventarios de mercancías bajo expectativas racionales, donde tanto especuladores como firmas procesadoras almacenan productos. El modelo identifica tanto los inventarios llevados por los procesadores como aquellos descritos por el modelo de oferta de inventarios. Sin embargo, en lugar de usar el motivo de conveniencia (retornos por conveniencia), la demanda por inventarios es derivada a partir de un modelo microeconómico de inventarios de firmas manufactureras (Ramey 1989). Los especuladores intervienen en el modelo eliminando cualquier oportunidad de beneficios extraordinarios. El modelo es simulado mediante métodos numéricos y se comparan las distintas funciones de equilibrio implicadas por cada modelo (especuladores, procesadores y la interacción de ambos agentes). Finalmente, se presentan estimaciones de los modelos usando los mismos datos de precios de mercancías que utilizaron Deaton y Laroque (1992).

Palabras clave: modelos de mercancías almacenables, inventarios, modelos de precios, expectativas racionales.

ABSTRACT

The paper works with an alternative version for the rational expectations commodity storage model, where both speculators and processing firms are stockholders. The model identifies the stocks carried by commodity processors with those stocks described by the supply of storage model, but instead of using the convenience yield approach, processors' demand for stocks is derived from a model for manufacturing inventories (Ramey 1989). Speculators intervene in the model through enforcing the arbitrage condition. We solve the model numerically to compare the different policy functions implied by each model (speculators, processors and both agents.) Finally, we present estimates of the model based on the same aggregate commodity price data used by Deaton and Laroque (1992).

Keywords: commodity storage model, inventories, price models, rational expectations.

* Una versión preliminar de este trabajo fue presentada en la Sexta Conferencia Internacional en Computación Aplicada a Economía y Finanzas, Barcelona, 2000. César Revoredo Giha es Senior Food Marketing Economist y Team Leader en el Food Marketing Research Team, Land Economy and Environment Research Group, Scottish Agricultural College (SAC), Edinburgh EH9 3JG, UK. Correo electrónico: cesar.revoredo@sac.ac.uk.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo extiende la literatura económica asociada al modelo dinámico de inventarios de mercancías bajo expectativas racionales al considerar el caso cuando los inventarios son llevados al mismo tiempo tanto por especuladores (inventarios especulativos) como por firmas procesadoras (inventarios en vías de proceso o de trabajo). Las estimaciones más recientes del modelo han estado enfocadas a considerar cada uno de estos agentes por separado (en el caso de inventarios especulativos véase Deaton y Laroque 1992, 1995, 1996; mientras que para ejemplos de modelos de inventarios de trabajo o en proceso, los que están identificados con el modelo de oferta de inventarios,[1] véase Miranda y Rui 1996), con poco interés por integrar ambos tipos de modelos. Esto es importante porque solo mediante la diversidad de motivos para llevar inventarios es posible explicar los hechos estilizados comúnmente observados en mercados de mercancías, tales como la particular relación entre los inventarios y el margen entre el precio actual y el precio del mercado de futuros (la curva de Working, en Working 1933) y la alta autocorrelación observada en los precios de las mercancías (Deaton y Laroque 1992).

Es importante mencionar que respecto al punto previo existen dos notables excepciones en la literatura (Weymar 1968 y Lowry 1988), las cuales modelan la interacción de los dos agentes. Sin embargo, mientras Weymar especifica de manera similar el comportamiento de ambos agentes, Lowry, siguiendo el trabajo de Brennan (1958), modela comerciantes en lugar de procesadores como el grupo que lleva los inventarios aun a riesgo de pérdida.[2] En este trabajo se modelan explícitamente las decisiones de demanda de inventarios por las firmas procesadoras a través de un modelo de inventarios de firmas manufactureras en lugar de usar el motivo de conveniencia, tal como en los modelos tradicionales de la oferta de inventarios. La ventaja de usar un modelo microeconómico para representar explícitamente la demanda por inventarios se encuentra en que permite entender los parámetros y variables que se encuentran detrás de las formas reducidas, que normalmente se estiman en los modelos de oferta de inventarios.

Los sistemas de ecuaciones implicados por los modelos (especuladores, procesadores y ambos agentes) son resueltos mediante métodos numéricos para comparar las funciones de equilibrio de cada uno y el impacto de cambios en variables.

Finalmente, el trabajo presenta estimaciones de los diferentes modelos usando los mismos datos de precios que utilizaron Deaton y Laroque (1992). Los resultados confirman la ventaja de modelar de manera explícita el fenómeno de inventarios llevados a pérdida y

---

[1] En Carter y Revoredo (1999) se muestra que el modelo de oferta de inventarios refleja en gran medida los inventarios de firmas procesadoras. Este resultado es obtenido cuando los inventarios de materias primas son modelados como factores de producción, tal como en Ramey (1989).

[2] Dado que ambos agentes (comerciantes y especuladores) compran y venden la mercancía, la diferencia entre ellos consiste en que solo el primero percibe las ventajas de llevar inventarios a pérdida (retornos por conveniencia). Esto hace importante explicar los retornos por conveniencia, un punto que no es develado en el trabajo de Lowry (1988).

no la condición de no beneficios extraordinarios para explicar la dinámica de los precios de las mercancías. Sin embargo, la imposición de la condición de no beneficios extraordinarios parece más apropiada cuando se modelan datos desagregados de precios.

1. EL MODELO

La literatura económica existente del modelo competitivo de inventarios de mercancías considera dos versiones principales del modelo, cada una caracterizada por una función diferente de costos.[3] El primer modelo es el de Deaton y Laroque (1992, 1995, 1996), basado en inventarios competitivos o especulativos (Williams y Wright 1991). La estructura del modelo puede verse en (1):

$$\begin{aligned}
&\frac{1-\gamma}{1+r}E\left[p_{c,t+1}\right]-p_{c,t}=0,\ cuando\ S_t\geq 0\\
&\frac{1-\gamma}{1+r}E\left[p_{c,t+1}\right]-p_{c,t}<0,\ cuando\ S_t=0\\
&h_t+S_{t-1}=D_t\\
&D_t=C_t+S_t\\
&p_{c,t}=P_c(C_t)
\end{aligned} \tag{1}$$

donde $p_{c,t}$ es el precio de la mercancía en el periodo t, $E[p_{c,t+1}]$ es la esperanza condicional del precio $p_{c,t+1}$ formulada en el periodo t, s_t son los inventarios llevados del periodo t al periodo $t+1$, r es la tasa de interés, h_t es la producción en el periodo t (también llamada «cosecha» en la literatura que trabaja con mercancías que son materias primas agrícolas, Williams y Wright 1991), c_t es el consumo de la mercancía el periodo t, D_t es la demanda total por la mercancía, la cual es igual a la suma de las demandas por consumo más la demanda por inventarios, γ es el coeficiente de deterioro (porcentaje de la mercancía que se pierde debido a deterioro o por otras razones (Deaton y Laroque 1992) y $P_c(.)$ es la función inversa de consumo.

Una versión alternativa del modelo de inventarios puede encontrarse en los trabajos de Miranda y Glauber (1993) y de Miranda y Rui (1996). Estos dos trabajos usan una función de costo de almacenaje que está basada en la teoría de la función de inventarios (Working 1949, Brennan 1958 y Telser 1958). La idea detrás de la teoría de la función de inventarios es explicar el fenómeno de inventarios llevados a pérdida, un hecho estilizado estudiado por Holbrook Working durante la década de 1930. El modelo por Miranda y Rui (1996) es presentado en (2), donde el costo de almacenar está dado por la función $\theta_0+\theta_1 1n(I_t)$, I_t es el inventario y las otras variables ya han sido previamente definidas:

---

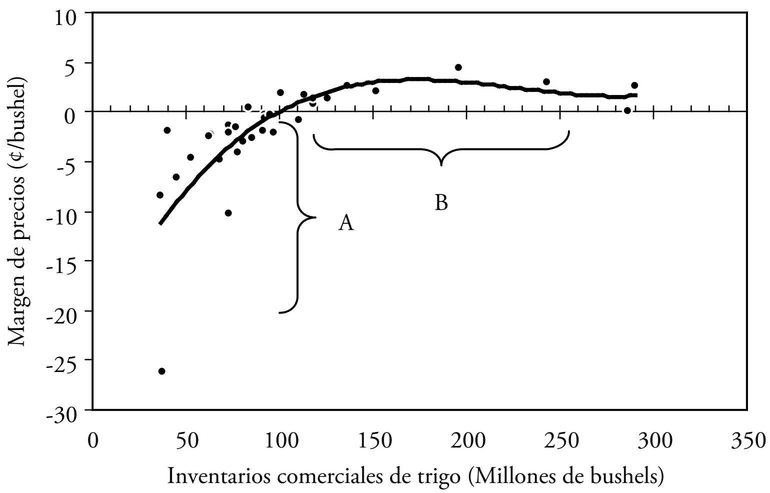
[3] En este trabajo solo nos concentramos en aquellos modelos que implican una función de precios de equilibrio que es no lineal y que están basados en la imposición de restricciones de no negatividad de los inventarios. La razón es que estos modelos capturan mejor los movimientos en los precios de las mercancías (Deaton y Laroque 1992). Una evaluación de otros modelos de expectativas racionales aplicados a precios de mercancías puede verse en Gilbert (1990).

$$
\begin{aligned}
&\frac{1}{1+r}E\left[p_{c,t+1}\right]-p_{c,t}=\theta_0+\theta_1\ln(I_t)\\
&h_t+I_{t-1}=D_t\\
&D_t=C_t+I_t\\
&p_{c,t}=P_c(C_t)
\end{aligned}
\qquad (2)
$$

La principal diferencia entre los modelos (1) y (2) es que el segundo implica la posibilidad de inventarios llevados a pérdida (cuando el margen de precios está por debajo de los costos de almacenar) mientras que esta posibilidad no está incluida en el modelo (1) debido a que este impone la restricción de forma que tal hecho no es posible.

Mientras que es posible especular acerca de las razones para preferir un modelo u otro, es mejor dejar que los hechos estilizados en el mercado de mercancías guíen la decisión. Uno de los principales hechos estilizados en los mercados de mercancías almacenables (y origen del modelo de oferta de inventarios) es la particular relación entre el margen de precios (previamente definidos) y los inventarios, la cual fue explorada en primera instancia por Holbrook Working en 1933. Esta misma relación ha sido comprobada en trabajos subsecuentes, como por ejemplo Gray y Peck (1981), en el caso del mercado de trigo, y Gardner y López (1996), en el caso de la del mercado de soya. El gráfico 1 presenta la relación entre los márgenes de precio y los inventarios en el mercado de trigo usando los datos originales de Holbrook Working.

Gráfico 1
Margen de precios de trigo entre setiembre y julio e inventarios totales de trigo en Estados Unidos al 1 de julio 1896-1932



Fuente: datos de la tabla VI de Working 1933.
Elaboración: propia.
Nota: la línea de regresión en el gráfico es el resultado de la estimación de un polinomio cúbico.

Hay dos hechos interesantes a notar en el gráfico 1. Primero, la porción denotada por la letra A indica la presencia de inventarios llevados a pérdida y, por tanto, favorece el uso de modelos como el presentado en (2), o de cualquier otro modelo que permita inventarios llevados a pérdida. Segundo, la relación observada entre los márgenes de precios y los inventarios no es creciente cuando los márgenes de precios son positivos (porción B en el gráfico 1). Por el contrario, la relación puede aproximarse mediante una línea plana, más aun, en términos teóricos esto podría indicar el resultado de competencia entre agentes eliminando cualquier posibilidad de beneficios extraordinarios proveniente de la actividad de llevar inventarios. Esta porción de la curva favorece un modelo como (1), en otros términos, la formulación de un modelo que impone la restricción de no beneficios extraordinarios.

Claramente, la evidencia presentada en el gráfico 1 permite considerar un tercer tipo de modelo que incorpore (1) y (2) en uno solo, dado que el gráfico 1 sugiere el uso de la combinación del modelo de inventarios especulativos y el modelo de oferta de inventarios. Sin embargo, en lugar de usar la oferta de inventarios, en este trabajo se modelan explícitamente los inventarios usando un modelo microeconómico de inventarios llevados por procesadores. Dos razones motivan esta elección: primero, la recurrente crítica a los modelos de oferta de inventarios por no presentar una explicación a nivel microeconómico de los retornos por conveniencia (Deaton y Laroque 1995, Brennan *et al.* 1997). De hecho, la metodología empírica ha consistido simplemente en plantear una relación entre el margen de precios y los inventarios comerciales, la cual está basada en la Curva de Working. Sin embargo, tal ecuación es una forma reducida, cuyos parámetros pueden ser función de variables de mercado, tales como el costo unitario de almacenar, la tasa de interés, los precios de los factores de producción, etcétera. Esto genera problemas para usar la ecuación en la evaluación de políticas, lo que es importante y por eso ha sido su rol principal.

La segunda razón, mencionada en la literatura (Working 1949), es que las firmas procesadoras llevan una parte importante de sus materiales de producción durante el año como parte del proceso productivo, por tanto, sus inventarios de materiales de producción constituyen una parte importante de aquellos inventarios que aparecen como llevados a pérdida. La información acerca de inventarios llevados por firmas procesadoras se encuentra bien documentada en la literatura económica (por ejemplo, véase Abramovitz 1950). En Carter y Revoredo (1999) se muestra que un modelo de inventarios de firmas procesadoras puede fácilmente reproducir los modelos de la oferta de inventarios y, por tanto, los resultados obtenidos por dichos modelos. Tal resultado es derivado de modelar los inventarios de materiales de producción como factores de producción, tal como lo presentó en Ramey (1989). El modelo que incorpora procesadores y especuladores puede verse en (3) y su derivación detallada en la sección A1 del anexo.

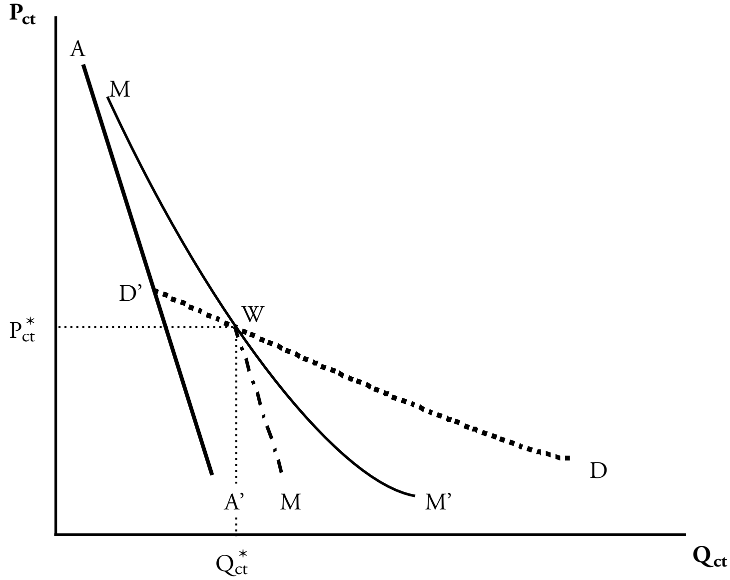
$$
\begin{aligned}
&P_t^P = P(Q_t) \\
&Q_t = \exp\left\{ \beta_1 \left[\frac{P_t}{\beta_0} - \left\{ (1+r)\left(p_{c,t} + ko\right) - E\left[p_{c,t+1}\right] \right\} \right] \right\} \\
&I_t = \beta_0 Q_t \\
&\frac{1}{1+r} E(p_{c,t+1}) - P_c\left(A_t - S_t - I_t\right) = ko,\ cuando\ S_t \geq 0 \\
&\frac{1}{1+r} E(p_{c,t+1}) - P_c\left(A_t - S_t - I_t\right) < ko,\ cuando\ S_t = 0
\end{aligned}
\tag{3}
$$

donde A_t es la disponibilidad de la mercancía en el periodo t (producción más inventarios). P_t^P es el precio del producto procesado (tal como harina en el caso del trigo). La demanda de inventarios llevados por los procesadores (I_t) fue derivada a partir de una función de producción específica (ver anexo).

2. SOLUCIÓN DEL MODELO

El diagrama presentado en el gráfico 2 facilita la comprensión de la solución del modelo. Este gráfico, que es similar al gráfico 2 en Deaton y Laroque (1992), permite comparar las funciones de equilibrio de los diferentes modelos de una manera esquemática.

Gráfico 2
Funciones de equilibrio correspondientes a distintos modelos de inventarios



Fuente: simulación del autor.
Elaboración: propia.

La curva *A-A'* representa el consumo corriente de la mercancía (para exportaciones o para el procesamiento en el periodo actual). El modelo usado por Deaton y Laroque (1992, 1995, 1996) es representado por la curva *A-D'-D*. Dicha curva presenta la demanda agregada de mercado por la mercancía cuando no hay procesadores en el mercado (el azúcar es un buen ejemplo dado que es un producto ya procesado y su comercio podría permitir mayor presencia de especulación). La demanda agregada implicada por los modelos de Miranda y Glauber (1993) y Miranda y Rui (1996) está representada por la curva *M-M'*, e ilustra el caso cuando no hay especuladores en el mercado de la mercancía. Cuando todos los agentes (procesadores y especuladores) son incluidos en el modelo, la demanda agregada está dada por la curva *M-W-D*, donde los especuladores empiezan a demandar inventarios cuando la disponibilidad total de la mercancía está por encima de Q^*_{ct}.

Cuando la disponibilidad está por debajo de Q^*_{ct}, los procesadores son los únicos que llevan inventarios (sus inventarios están medidos en el gráfico por la distancia horizontal entre *A-A'* y *M-M'*). Por encima de Q^*_{ct} tanto procesadores como especuladores llevan inventarios (los inventarios de los procesadores están medidos por la distancia horizontal entre *A-A'* y *W-M*, los inventarios de los especuladores están dados por la distancia horizontal entre *W-M* y *W-D*). Cuando la disponibilidad está por encima de Q^*_{ct}, los procesadores llevan la cantidad máxima de inventarios que ellos pueden demandar dada su capacidad de almacenar y las condiciones en el mercado del bien final, dado que el costo de almacenaje es igual a cero. En el caso particular del modelo (3), la cantidad máxima que los procesadores pueden llevar está dada por la solución del sistema de ecuaciones (4), donde p_{ct} es el precio de la mercancía consistente con el nivel total de inventarios que elimina la posibilidad de arbitrar en el mercado de la mercancía y, por tanto, puede considerarse constante en la solución del sistema (4), el cual puede ser resuelto para P_t^P e I_t.

$$\begin{aligned} P_t^P &= P\left(\frac{I_t}{\beta_0}\right) \\ I_t &= \beta_0 \exp\left\{\beta_1\left[\frac{P_t^P - p_{ct}}{\beta_0}\right]\right\} \end{aligned} \tag{4}$$

En términos de la formulación del algoritmo para resolver el modelo, la clave consiste en discriminar entre la existencia o no de posibilidades de beneficios extraordinarios. Si hay posibilidades de arbitrar, entonces los especuladores entran al mercado llevando inventarios al siguiente periodo y presionando los precios (corrientes y esperados) al alza hasta que se elimina toda posibilidad de beneficios extraordinarios. En el caso del precio de los inventarios para las firmas procesadoras, este es igual a cero $\left((1+r)\left(p_{c,t}+ko\right)-E\left[p_{c,t+1}\right]=0\right)$ y ellos alcanzan su máximo valor de acuerdo al sistema de ecuaciones presentado en (4).

El algoritmo empieza asumiendo (dados los parámetros del modelo y la disponibilidad de la mercancías) que los procesadores son los únicos agentes que llevan inventarios en el mercado (se resuelve el modelo en la ausencia de especuladores). Una vez que el nivel de inventarios de trabajo ha sido determinado, la rutina verifica la presencia de oportunidades extraordinarias de obtener beneficios (i.e., arbitrar en el mercado). Si no existen tales oportunidades, los inventarios totales observados en el mercado son iguales a aquellos llevados por los procesadores. Por otro lado, si existe la oportunidad de obtener beneficios extraordinarios, la rutina encuentra el nivel de inventarios que elimina los beneficios extraordinarios y el correspondiente precio de la mercancía. Dado el precio de la mercancía, el cual satisface la condición de no arbitraje, la rutina encuentra el nivel correspondiente de los inventarios de los procesadores resolviendo el sistema de ecuaciones (4), y como residuo, el nivel de inventarios especulativos. El gráfico A1.A en el anexo presenta un diagrama de flujo detallado del algoritmo para el caso cuando la oferta de la mercancía es inelástica con respecto a los precios.

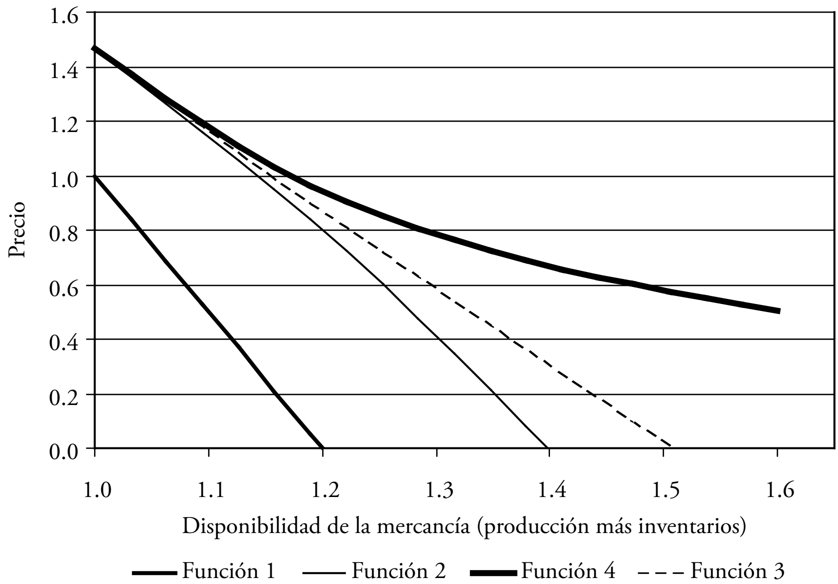
La rutina para el caso de un producto con oferta elástica con respecto a precios sigue las mismas líneas que el algoritmo de Williams y Wright (1991). Esta rutina requiere la creación de un vector inicial con el plan de producción, el cual es modificado en una *subrutina* especial cada vez que se encuentran los inventarios de equilibrio (de los especuladores y procesadores) para todos los posibles estados de la naturaleza. Debe notarse que, para el caso de perturbaciones multiplicativas, la oferta depende de la función de precios de incentivo (el ingreso marginal esperado) en lugar del precio esperado de la mercancía (véase Wright 1979). El algoritmo para el caso de la oferta elástica puede verse en el gráfico A1.B en el anexo.

3. SIMULACIÓN DEL MODELO

El gráfico 3 muestra la función de equilibrio del modelo (3), la cual es representada por la línea gruesa.

Resulta claro de la literatura relacionada con precios de mercancías (Deaton y Laroque 1992, Miranda y Rui 1996) que un modelo como (3) preserva muchas de las características de los otros dos (la función de oferta de inventarios y el modelo especulativo de inventarios). La restricción de no negatividad de los inventarios permite respuestas no lineales en precios, lo que parece ser importante en la descripción del comportamiento temporal de los precios de mercancías. También el modelo predice alta autocorrelación (tal como el caso del modelo de la oferta de inventarios) debido a que el mercado nunca se encuentra sin inventarios, dado que los procesadores llevan inventarios en todos los casos y los especuladores solo si pueden tener ganancias de capital.

Gráfico 3
Funciones de demanda agregada por la mercancía



Fuente: simulación del autor.
Elaboración: propia.
Notas: Función 1 = Precio esperado sin inventarios.
Función 2 = Precio esperado considerando solo inventarios de procesadores (pero en el modelo con especuladores).
Función 3 = Precio esperado solo cuando los procesadores llevan inventarios.
Función 4 = Precio esperado cuando ambos (procesadores y especuladores) llevan inventarios.

Adicionalmente, es útil por propósitos de comparación, derivar la curva de Working implicada por cada uno de los modelos (véase gráficos 4a a 4c). Las diferencias entre las curvas generadas por los distintos modelos son sustantivas. La curva que considera solamente procesadores (4b) presenta un patrón creciente para todo el rango de inventarios. Por otro lado, la curva que solo considera inventarios especulativos (4c) no permite la existencia de inventarios llevados a pérdida e implica una línea plana para valores positivos del margen intertemporal de precios.[4] Finalmente, la curva que considera ambos tipos de inventarios (4a) combina ambos gráficos (inventarios llevados a pérdida y la sección plana para valores positivos del margen de precios).

[4] Para hacer los modelos comparables se ha sustituido el coeficiente de deterioro, originalmente usado por Deaton y Laroque (1992), el cual resulta en un costo marginal decreciente de llevar inventarios por un costo constante. Esto explica la porción plana de la curva de Working para la región de márgenes de precios positivos.

El gráfico 4d repite el gráfico 1 para facilitar la comparación. Se ha añadido al gráfico una línea de tendencia cúbica, en lugar de la recta usada por Holbrook Working, probablemente cuadrática o logarítmica de regresión (la curva específica no está reportada en su análisis).

Gráfico 4a
Curva de Working: procesadores y especuladores

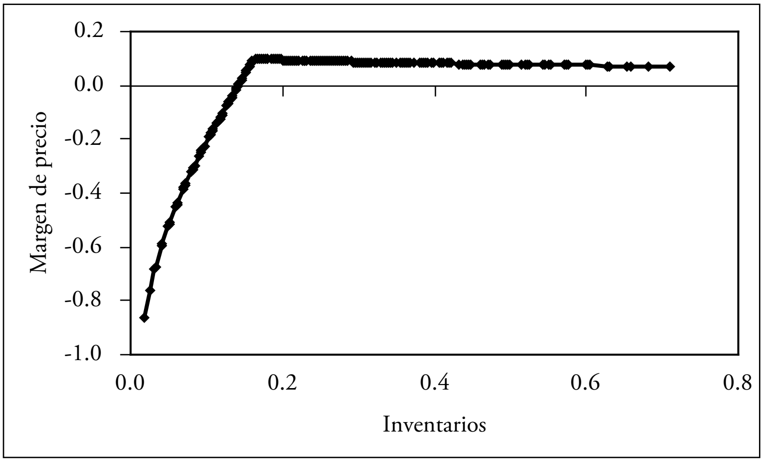


Gráfico 4b
Curva de Working: solo procesadores

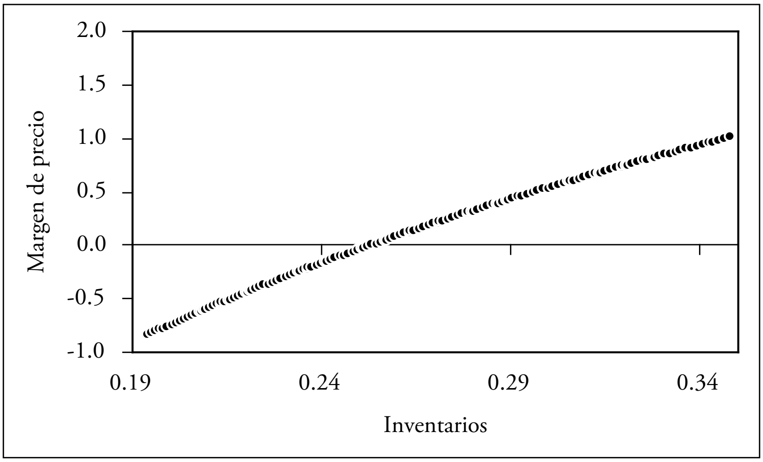


Gráfico 4c
Curva de Working: solo especuladores

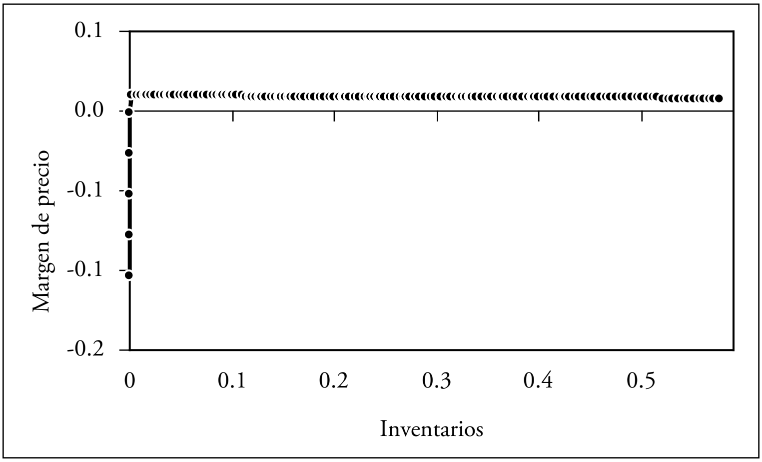
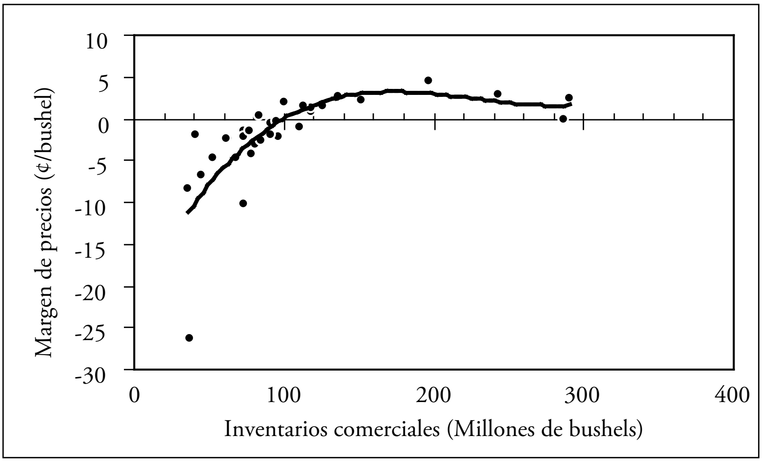


Gráfico 4d
Curva de Working: EE.UU margen de precios de trigo (set-jul) e inventarios de trigo totales 1896-1932



Una pregunta que puede ser contestada mediante los gráficos 5a y 5b es cuán importante para la función de equilibrio resultante es el asumir una función de oferta de la mercancía que es elástica en precios. En los gráficos 5a y 5b se ha simulado la curva de Working y la demanda agregada por la mercancía para tres diferentes especificaciones de la función de oferta. Dos funciones son elásticas en precios (con y sin intercepto) y la tercera es inelástica en precios. Como puede verse en los gráficos, el supuesto de la forma funcional de la oferta no es trivial, ya que implica cambios importantes en la función de demanda agregada resultante.

Gráfico 5a
Curvas de Working correspondientes a diferentes funciones de oferta de mercancías

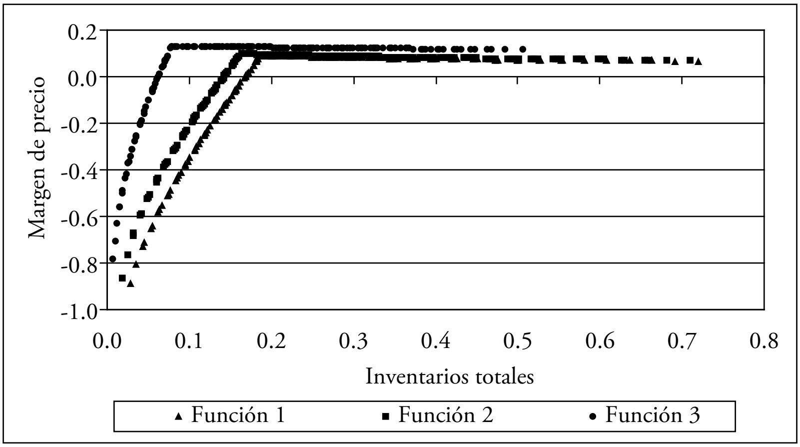
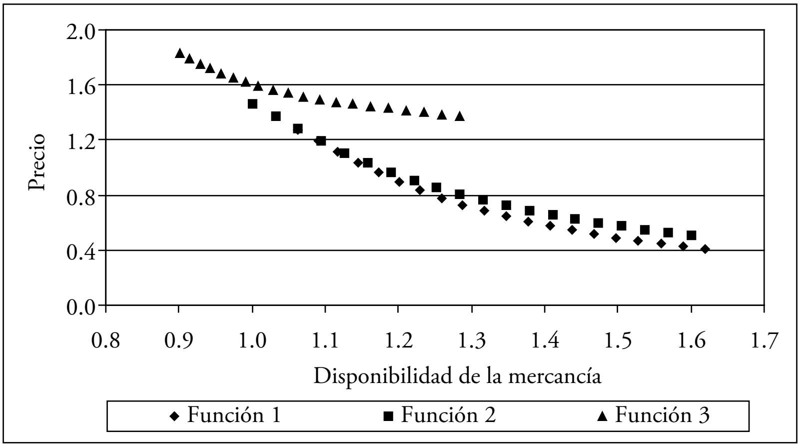


Gráfico 5b
Demandas agregadas correspondientes a diferentes funciones de oferta de mercancías



Fuente: simulación del autor.
Elaboración: propia.
Supuestos: función 1: ht = 1 + 0.05 P_t^R, función 2: ht = 1, función 3: ht = 0.5 P_t^R.

4. ESTIMACIONES ECONOMÉTRICAS

El cuadro 1 compara estimaciones de cuatro versiones del modelo de inventarios de mercancías. Todos los modelos han sido estimados usando el procedimiento de pseudo-máxima verosimilitud descrito en Deaton y Laroque (1995). Es importante notar que aun si los precios en presencia de especuladores no presentan distribución normal, el estimador es consistente.

En todos los casos, la función de oferta de mercancías ha sido asumida independiente e idénticamente distribuida normal con media cero y varianza uno, y aproximada mediante la misma distribución discreta usada por Deaton y Laroque (1995). Más aún, en todos los casos se ha asumido una tasa de interés igual a 5% y funciones de consumo lineales con parámetros (a,b).

El modelo I, tomado de Deaton y Laroque (1995), corresponde al de inventarios de mercancías donde el costo de llevar inventarios está dado por la tasa de interés y el coeficiente de deterioro (γ). El modelo II corresponde al usado por Miranda y Rui (1996), el cual fue estimado usando los datos originales en lugar de usar los precios deflactados por sus medias históricas, tal como dichos autores hicieron. Los parámetros de la función de oferta de inventarios son θ_1 y θ_2. El modelo III es una variación de I, que reemplaza el coeficiente de pérdida por un costo marginal de llevar inventarios constante *ko*, (tal como en Williams y Wright 1991). El modelo IV, con procesadores y especuladores, incluye los parámetros de los modelos II y III.

Los resultados econométricos, comparando los valores de las funciones de pseudo-máxima verosimilitud de los modelos II y IV con los modelos I y III, muestran la importancia de incluir un componente que toma en consideración los inventarios llevados a pérdida para explicar la dinámica de los precios de mercancías. Por otro lado, comparando los modelos I y III, es posible concluir que el coeficiente de deterioro impone un costo de llevar inventarios demasiado alto en comparación con el costo marginal constante, reduciendo los inventarios llevados por especuladores.

La comparación entre los modelos II y IV indica que la imposición de la condición de no beneficios extraordinarios no es necesaria para explicar la dinámica de la mayoría de los precios de las mercancías. La razón de esto se encuentra en la naturaleza de los datos, en el sentido que promedios de precios introducen oportunidades de beneficios extraordinarios que son inexistentes cuando se usan los precios originales (véase Working 1961 y Gilbert 1986). Esto también explica los resultados relativamente pobres del modelo I.

Los resultados del modelo IV son variados. Aun teniendo en cuenta un posible problema de identificación de los cinco parámetros estimados, es interesante notar que el modelo presenta en la mayoría de los casos un coeficiente de pseudo-máxima verosimilitud al menos tan alto como el del modelo de Miranda y Rui y por encima en los casos de cacao, café, cobre, té y trigo. Sin embargo, uno debería esperar que el modelo funcione mejor que el de Miranda y Rui usando precios desagregados a nivel de mercado, debido a que es de esperar que a ese nivel la restricción de no beneficios extraordinarios juegue un rol más importante.

Cuadro 1
Parámetros estimados y valor de la función de pseudo-máxima verosimilitud (PLE) para los diferentes modelos de inventarios [1/]

	Mercancías											
	Cacao	Café	Cobre	Algodón	Yute	Maíz	Aceite de palma	Arroz	Azúcar	Té	Estaño	Trigo
Modelo I - Deaton y Laroque (1992, 1995)												
a	0.16	0.26	0.54	0.64	0.57	0.63	0.46	0.60	0.64	0.48	0.26	0.72
	0.01	0.02	0.04	0.04	0.03	0.04	0.05	0.03	0.05	0.02	0.04	0.04
b	-0.22	-0.16	-0.33	-0.31	-0.36	-0.64	-0.43	-0.34	-0.63	-0.21	-0.17	-0.39
	0.03	0.03	0.05	0.04	0.06	0.15	0.06	0.03	0.06	0.02	0.05	0.03
g	0.12	0.14	0.07	0.17	0.10	0.06	0.06	0.15	0.18	0.12	0.15	0.13
	0.04	0.02	0.02	0.03	0.05	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.05	0.03
PLE	125.2	111.0	73.9	29.8	44.8	32.1	22.2	26.0	-10.7	69.3	108.9	24.6
Modelo II - Miranda y Rui (1996) [2/]												
a	0.18	0.22	0.65	0.60	0.57	0.74	0.45	0.60	0.45	0.49	0.22	0.38
	0.03	0.02	0.05	0.10	0.05	0.13	0.14	0.07	0.12	0.03	0.03	0.05
b	-0.33	-0.22	-0.65	-0.94	-0.43	-1.41	-1.16	-0.61	-0.92	-0.24	-0.29	-0.70
	0.07	0.05	0.14	0.36	0.08	1.17	0.30	0.11	0.17	0.02	0.04	0.06
k1	-0.03	-0.02	-0.04	-0.11	-0.04	-0.07	-0.09	-0.16	[5/]	[5/]	-0.03	-0.01
	0.01	0.03	0.01	0.05	0.03	0.03	0.01	0.05			0.01	0.00
k2	0.02	0.02	0.03	0.06	0.05	0.04	0.05	0.12	0.01	0.02	0.02	0.00
	0.01	0.02	0.00	0.03	0.02	0.03	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
PLE	134.4	132.3	97.4	79.9	59.2	48.1	74.4	64.7	-2.1	78.3	160.5	33.6
Modelo III [3/]												
a	0.14	0.25	0.55	0.68	0.63	0.69	0.60	0.77	0.55	0.51	0.40	0.76
	0.03	0.03	0.05	0.06	0.04	0.10	0.61	0.06	0.12	0.02	0.04	0.04
b	-0.23	-0.24	-0.38	-0.35	-0.35	-0.60	-0.69	-0.39	-0.76	-0.20	-0.43	-0.35
	0.04	0.05	0.07	0.05	0.05	0.11	0.24	0.08	0.12	0.02	0.12	0.03
ko	0.00	0.01	0.01	0.03	0.03	0.02	0.01	0.05	0.03	0.04	0.01	0.04
	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.04	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01
PLE	132.5	132.1	92.3	46.3	52.9	37.7	54.7	36.1	-4.2	75.9	144.0	26.2
Modelo IV [4/]												
a	0.15	0.22	0.46	0.76	0.57	0.74	0.48	0.52	0.47	0.52	0.21	0.63
	0.02	0.04	0.07	0.08	0.05	0.13	0.21	0.16	0.24	0.02	0.03	0.14
b	-0.25	-0.32	-0.59	-0.98	-0.43	-1.41	-1.02	-1.05	-0.92	-0.21	-0.26	-1.27
	0.04	0.07	0.14	0.25	0.08	1.20	0.47	0.31	0.16	0.02	0.03	0.28
k1	-0.01	-0.02	-0.15	-0.10	-0.04	-0.07	-0.08	-0.24	[5/]	[5/]	-0.03	-0.13
	0.00	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.15			0.01	0.02
k2	0.03	0.02	0.12	0.06	0.05	0.04	0.04	0.17	0.02	0.05	0.02	0.07
	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.10	0.04	0.00	0.00	0.00
ko	0.00	0.01	0.00	0.02	0.05	0.06	0.01	0.01	0.02	0.06	0.01	0.07
	0.00	0.01	0.00	0.01	0.16	0.13	0.00	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02
PLE	135.8	135.4	101.4	77.3	59.2	48.1	73.9	64.7	-2.0	85.5	160.2	57.2

Fuente: bibliografía citada y estimaciones del autor.
Elaboración: propia.
[1/] La tasa de interés en todos los modelos es 5%. Los errores estándar de los coeficientes se presentan debajo de los mismos.
[2/] Modelo de Miranda y Rui estimado por pseudo-máxima verosimilitud.
[3/] Modelo solo con especuladores y sustituyendo el coeficiente de deterioro por un costo marginal de inventarios constante.
[4/] Modelo con procesadores, especuladores y costo de inventarios constante.
[5/] Modelo sin intercepto.

5. CONCLUSIONES

El propósito de este trabajo ha sido extender la literatura del modelo de inventarios de mercancías bajo expectativas racionales al caso donde tanto especuladores como procesadores llevan inventarios con el fin de obtener una mejor descripción de los hechos estilizados en dichos mercados. Dada la importancia de los modelos de inventarios de mercancías para fines de evaluación de política (véase, por ejemplo, Newbery y Stiglitz 1981), es conveniente que dichos modelos sean consistentes con los hechos estilizados observados en los mercados.

La combinación de procesadores y especuladores permite obtener un modelo que tiene la capacidad de combinar los dos hechos estilizados en los mercados de mercancías: (1) la alta autocorrelación en precios junto con la respuesta no lineal al cambio en la disponibilidad de la mercancía y (2) la curva de Working. En este sentido, los modelos alternativos son incapaces de reproducir ambos hechos estilizados debido a que, en su construcción, ignoran todos los agentes que interactúan en los mercados de mercancías, los cuales son importantes en la determinación de los resultados observados.

Los resultados econométricos usando los datos agregados de Deaton y Laroque (1992) muestran la conveniencia de incluir un componente que tome en cuenta el fenómeno de inventarios llevados a pérdida para explicar los precios de mercancías. Por otro lado, la imposición de la restricción de no beneficios extraordinarios parece no ser importante para explicar la dinámica de precios, pero esto puede deberse al uso de datos que, al ser promediados, introducen oportunidades de beneficio inexistentes en los datos desagregados. En este sentido, líneas futuras de investigación deberían incluir la estimación del modelo con datos de precios más desagregados.

ANEXO

A1. Derivación de la demanda de procesadores por inventarios

Asúmase que el producto (Q_t, medido por las entregas del producto procesado)[5] de una industria procesadora competitiva es representado por una función de producción de proporciones casi fijas (i.e., $Q_t = \min\{\frac{I_t}{\lambda}, f(K_t)\}$),[6] donde γ es el parámetro de la función de producción que representa la rotación de inventarios, K_t es un índice compuesto que representa todos los otros factores de producción que no son específicos a la industria y $f\,(.)$ es una función creciente que relaciona el producto con los otros factores de producción.

Bajo estos supuestos, un procesador que es neutral al riesgo maximiza sus beneficios esperados *(E[π])* en el periodo *t* resuelve el siguiente problema:

$$\underset{I_t, K_t}{Max}\ E[\pi] = E[P_t \min(\frac{I_t}{\lambda}, f\left(K_t\right)) - m_t I_t - w_t K_t] \tag{A1}$$

donde P_t es el precio del producto procesado (i.e., P_t^P) neto del precio de la materia prima p_{ct}, m_t es el precio de los inventarios de materias primas (definido de manera distinta a Ramey (1989) y que es definida como $m_t=(1+r)\ (p_{ct}+ko)-p_{ct+1}$), donde r es la tasa de interés, ko es el costo marginal de llevar inventarios (asumido fijo) y w_t es el precio del factor de producción compuesto.

La minimización de costos implica $Q_t = \frac{I_t}{\lambda}$ y $Q_t=f(K_t)$. Por tanto, la función esperada de costos está dada por:

$$E\left[C(m_t, w_t, Q_t)\right] = E\left[m_t\right]\lambda\, Q_t + w_t f^{-1}(Q_t) \tag{A2}$$

También se va a asumir (con el propósito de obtener la función de oferta de inventarios) que $f^{-1}(Q_t)=Q_t\,(\ln(Q_t)-1)$. Así, reemplazando la función de costos esperados en la función de beneficios (A1) y maximizando con respecto al producto, se obtienen expresiones para el producto (Q_t) y para la demanda por inventarios de materiales de producción (I_t) que dependen de los precios esperados de la mercancía:

$$\begin{aligned} Q_t &= \exp\left\{\frac{P_t - \lambda\left\{(1+r)(p_{ct}+ko) - E\left[p_{ct+1}\right]\right\}}{w_t}\right\} \\ I_t &= \lambda \exp\left\{\frac{P_t - \lambda\left\{(1+r)(p_{ct}+ko) - E\left[p_{ct+1}\right]\right\}}{w_t}\right\} \end{aligned} \tag{A3}$$

[5] Véase Ramey (1989).

[6] La forma funcional (función de producción de proporciones casi fijas) fue seleccionada no solo debido a su uso frecuente en la modelización de industrias procesadoras de materias primas, sino también debido a que produce resultados analíticos, aunque debe notarse que dichos resultados son «robustos» al uso de otras formas funcionales, dado que la demanda por inventarios no es sino la demanda derivada por un factor de producción. Otra razón para escoger dicha especificación es que permite incorporar la oferta de inventarios de Miranda y Rui (1996).

A2. Derivación de la ecuación de oferta de inventarios

El punto de partida de la función de inventarios usada por Miranda y Glauber (1993) y por Miranda y Rui (1996) presentada en (A4):

$$\frac{E\left[p_{c,t+1}\right]}{(1+r)} - p_{c,t} = \theta_0 + \theta_1 \ln(I_t) \tag{A4}$$

La ecuación (A4) es una forma reducida para parámetros particulares de la demanda por inventarios de los procesadores (I_t), asumiendo una función de producción de proporciones casi fijas. Para mostrar esto, es necesario escribir la ecuación de demanda por inventarios (A3), tal como en (A5), y llamando $P_t^* = \frac{P_t}{\lambda}$.

$$I_t = \lambda \exp\left[\frac{\lambda}{w_t}\left[P_t^* - \left\{(1+r)\left(p_{c,t} + ko\right) - E\left[p_{c,t+1}\right]\right\}\right]\right] \tag{A5}$$

Simplificando la expresión (A4) al introducir los parámetros β_0 y β_1, se obtiene:

$$\begin{aligned} &\beta_0 = \lambda \\ &\beta_1 = \frac{\lambda}{w_t} \\ &I_t = \beta_0 \exp\left\{\beta_1\left[P_t^* - \left\{(1+r)\left(p_{c,t} + ko\right) - E\left[p_{c,t+1}\right]\right\}\right]\right\} \end{aligned} \tag{A6}$$

Tomando logaritmos a ambos lados de la expresión y factorizando, se obtiene (A7):

$$\frac{E\left[p_{c,t+1}\right]}{(1+r)} - p_{c,t} = ko - \frac{P_t^*}{(1+r)} - \frac{1}{(1+r)\beta_1}\ln\left(\beta_0\right) + \frac{1}{(1+r)\beta_1}\ln\left(I_t\right) \tag{A7}$$

Escribiendo (A7) en términos de los parámetros θ_0 y θ_1, se obtiene la expresión (A4). Los valores de los parámetros θ_0 y θ_1 están dados por (A8):

$$\begin{aligned} &\theta_0 \equiv ko - \frac{P_t^*}{(1+r)} - \frac{1}{(1+r)\beta_1}\ln\left(\beta_0\right) \equiv ko - \theta_1\left(\frac{P_t}{w_t} + \ln\left(\beta_0\right)\right) \\ &\theta_1 \equiv \frac{1}{(1+r)\beta_1} \end{aligned} \tag{A8}$$

Por tanto, el modelo de mercancías presentado por Miranda y Glauber (1993) y Miranda y Rui (1996) representa solo la demanda por inventarios de procesadores, excluyendo la demanda por inventarios especulativos. Los requerimientos para considerar θ_0 y θ_1 como parámetros son: (1) el precio relativo del bien procesado (neto del precio de la materia prima) con respecto a los precios de los otros factores de producción debe ser constante, (2) los precios de los otros factores de producción deben ser constantes y (3) el periodo considerado en el modelo debe ser corto, de tal manera que el cambio tecnológico pueda ser dejado de lado.

Gráfico A1.A – Diagrama de flujo para el caso con oferta inelástica a precios

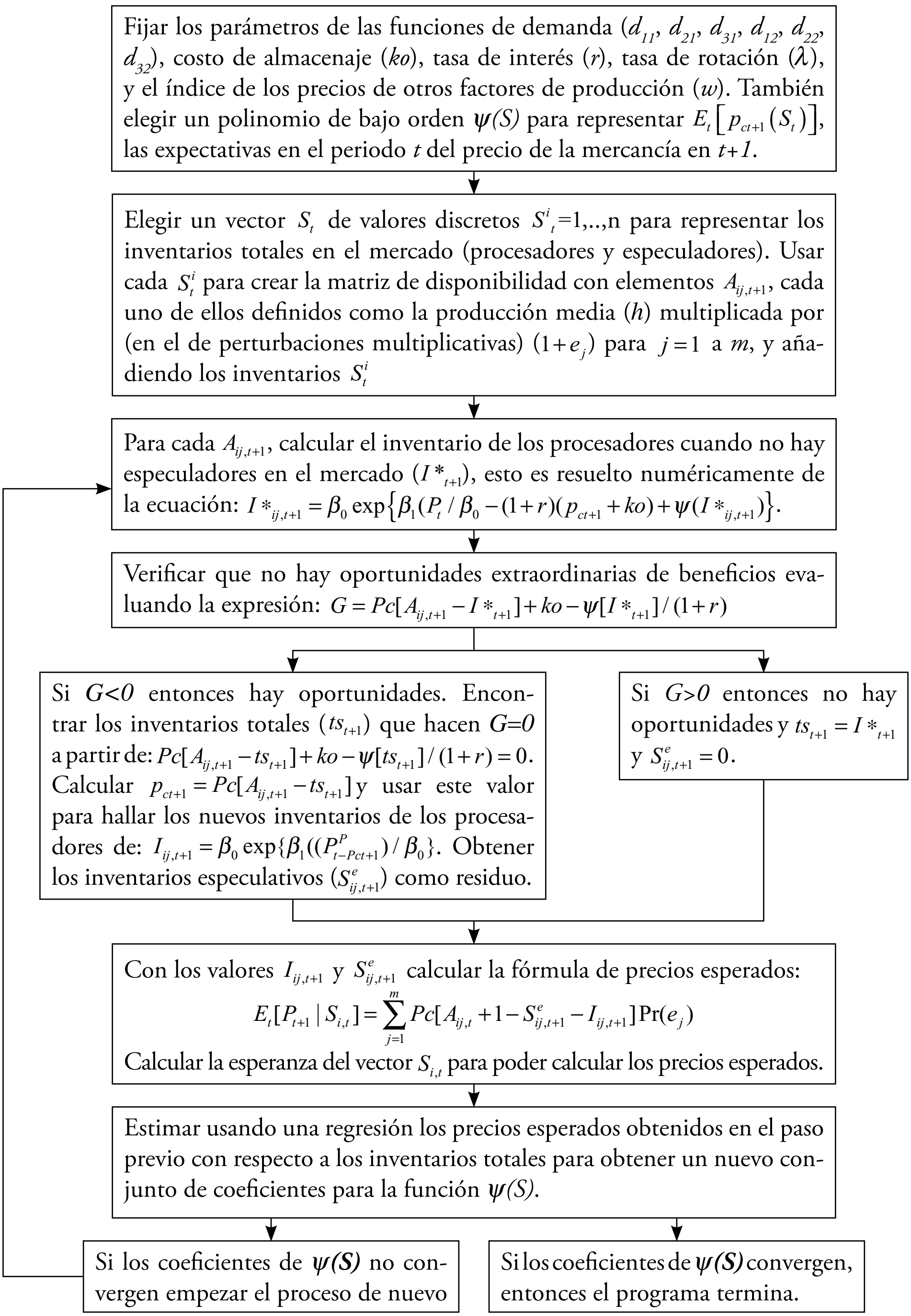


Gráfico A1.B – Diagrama de flujo para el caso con oferta elástica a precios

Fijar los parámetros de las funciones de demanda (d_{11}, d_{21}, d_{31}, d_{12}, d_{22}, d_{32}), costo de almacenaje (*ko*), tasa de interés (*r*) , tasa de rotación (λ), y el índice de los precios de otros factores de producción (*w*). También elegir un polinomio de bajo orden $\psi(S)$ para representar $E_t\left[p_{ct+1}(S_t)\right]$, las expectativas en el periodo *t* del precio de la mercancía en *t+1*.

Elegir un vector S_t de valores discretos $S^i{}_t$=1,..,*n* para representar los inventarios totales en el mercado (procesadores y especuladores) y otro para el plan de producción h_i, cada uno asociado a S_t^i. Tomar el primer S_t^i y su asociado h_i para crear el vector de disponibilidad con elementos $A_{ij,t+1}$, definido como $h_i(1+e_j)$ para $j=1$ a *m*, más inventarios S_t^i

Para cada $A_{ij,t+1}$, calcular el inventario de los procesadores cuando no hay especuladores en el mercado $(I*_{t+1})$, esto es resuelto numéricamente de la ecuación: $I*_{ij,t+1}=\beta_0\exp\left\{\beta_1(P_t/\beta_0-(1+r)(p_{ct+1}+ko)+\psi(I*_{ij,t+1})\right\}$

Verificar que no hay oportunidades extraordinarias de beneficios evaluando la expresión: $G=Pc[A_{ij,t+1}-I*_{t+1}]+ko-\psi[I*_{t+1}]/(1+r)$

Si $G<0$ entonces hay oportunidades. Encontrar los inventarios totales (ts_{t+1}) que hacen $G=0$ a partir de: $Pc[A_{ij,t+1}-ts_{t+1}]+ko-\psi[ts_{t+1}]/(1+r)=0$ Calcular $p_{ct+1}=Pc[A_{ij,t+1}-ts_{t+1}]$ y usar este valor para hallar los nuevos inventarios de los procesadores de: $I_{ij,t+1}=\beta_0\exp\{\beta_1((P^P_{t-Pct+1})/\beta_0\}$. Obtener los inventarios especulativos ($S^e_{ij,t+1}$) como residuo.

Si $G>0$ entonces no hay oportunidades y $ts_{t+1}=I*_{t+1}$ y $S^e_{ij,t+1}=0$.

Con los valores para $I_{ij,t+1}$ y $S^e_{ij,t+1}$ para todo el vector calcular el precio de (P_i^R) de acuerdo a la fórmula:

$$P_i^R=\sum_{j=1}^{m}(1+e_j)Pc\left[h_i\left(1+e_j\right)+S_{it}-S^e_{ij,t+1}-I_{ij,t+1}\right]\Pr(e_j)$$

Calcular la producción planeada $h_I^*=h(P_i^R)$ y comparar h_i^* con h_i, si son diferentes por más del criterio de convergencia, resolver la siguiente ecuación para h_i consistente con S_i,t

$$h_i=h(\sum_{j=1}^{m}(1+e_j)Pc\left[h_i\left(1+e_j\right)+S_{it}-S^e_{ij,t+1}-I_{ij,t+1}\right]\Pr(e_j))$$

Usar el nuevo h_i para calcular de nuevo los inventarios de equilibrio, hasta lograr convergencia en ambos h_i y S_{it+1} (i.e., $I_{ij,t+1}$ + $S^e_{ij,t+1}$). Luego tomar el siguiente S_i,h_I.

Con los valores $I_{ij,t+1}$ y $S^e_{ij,t+1}$ calcular la fórmula de precios esperados:

$$E_t[P_{t+1}\mid S_{i,t}]=\sum_{j=1}^{m}Pc[A_{ij,t}+1-S^e_{ij,t+1}-I_{ij,t+1}]\Pr(e_j)$$

Calcular la esperanza del vector $S_{i,t}$ para poder calcular los precios esperados.

Estimar usando una regresión los precios esperados obtenidos en el paso previo con respecto a los inventarios totales para obtener un nuevo conjunto de coeficientes para la función $\psi(S)$.

Si los coeficientes de $\psi(S)$ no convergen empezar el proceso de nuevo

Si los coeficientes de $\psi(S)$ convergen, entonces el programa termina.

REFERENCIAS

ABRAMOVITZ, Moses
1950 *Inventories and Business Cycles*. Cambridge: National Bureau of Economic Research.

BRENNAN, Donna, Jeffrey WILLIAMS y Brian WRIGHT
1997 «Convenience Yield Without The Convenience: A Spatial-Temporal Interpretation of Storage Under Backwardation». *The Economic Journal*, Vol. 107, N° 443, pp. 1009-1023, London.

BRENNAN, Michael
1958 «The Supply of Storage». *The American Economic Review*, Vol. 47, N° 1, pp. 50-72, Nashville.

CARTER, Colin y César REVOREDO
1999 *The Interaction of Commodity Working Stocks and Speculative Stocks*. Mimeographed document. Davis: Department of Agricultural and Resource Economics, University of California.

CHAMBERS, Marcus y Roy BAILEY
1996 «A Theory of Commodity Price Fluctuations». *The Journal of Political Economy*, Vol. 104, N° 5, pp. 924-957, Chicago.

DEATON, Angus y Guy LAROQUE
1989 «On the Behavior of Commodity Prices». Paper N° 145. New Jersey: Princeton University, Woodrow Wilson School of Public and International Affairs.
1992 «On the Behavior of Commodity Prices». *The Review of Economic Studies*, Vol. 59, N° 1, pp. 1-23, Oxford.
1995 «Estimating a Nonlinear Rational Expectations Commodity Price Model with Unobservable State Variables». *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 10, December supplement, pp. s9-s40, New York.
1996 «Competitive Storage and Commodity Price Dynamics». *The Journal of Political Economy*, Vol. 104, N° 5, pp. 896-923, Chicago.

GARDNER, Bruce y Ramón LÓPEZ
1996 «The Inefficiency of Interest-Rate Subsidies in Commodity Price Stabilization». *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 78, N° 3, pp. 508-516, Malden.

GILBERT, Cristopher
1986 «Testing the Efficient Markets Hypothesis on Averaged Data». *Applied Economics*, Vol. 18, N° 11, pp. 1149-1166, London.
1990 *The Rational Expectations Hypothesis in Models of Primary Commodity Prices*. Policy Research Working Papers Series N° 384. Washington D.C: Banco Mundial.

GRAY, Roger y Anne PECK
1981 «The Chicago Wheat Futures Market. Recent Problems in Historical Perspective». *Food Research Institute Studies*, Vol. 18, N° 1, pp. 89-115.

GUSTAFSON, Robert
1958 *Carry Over Levels for Grains: A Method for Determining Amounts that are Optimal Under Specified Conditions*. Technical Bulletin N° 1778. Washington D.C.: U.S. Department of Agriculture.

JUDD, Kenneth
1998 *Numerical Methods in Economics*. Massachusetts: The MIT Press.

KALDOR, Nicholas
1939 «Speculation and Economic Stability». *The Review of Economic Studies*, 1939-40, Vol. 7, N° 1, pp. 1-27, Oxford.

LOWRY, Mark
1988 «Working Stocks and Speculative Stocks». *Economics Letters*, Vol. 28, N° 4, pp. 311-314.

MIRANDA, Mario y Joseph GLAUBER
1993 «Estimation of Dynamic Non-linear Rational Expectations Models of Primary Commodity Markets with Private and Government Stockholding». *The Review of Economic and Statistics*, Vol. 75, N° 2, pp. 463-470, Chicago.

MIRANDA, Mario y Xiongwen RUI
1996 *A Empirical Reassessment of the Commodity Storage Model*. Mimeographed document. Columbus: Department of Agricultural Economics, Ohio State University.

MUTH, John
1961 «Rational Expectations and the Theory of Price Movements». *Econometrica*, Vol. 29, N° 3, pp. 315-335, Evanston.

NEWBERY, David y Joseph STIGLITZ
1981 *The Theory of Commodity Price Stabilization: A Study in the Economics of Risk*. Oxford: Clarendon Press.

RAMEY, Valerie
1989 «Inventories as Factors of Production and Economic Fluctuations». *The American Economic Review*, Vol. 79, N° 3, pp. 338-354, Nashville.

TELSER, Lester
1958 «Futures Trading and the Storage of Cotton and Wheat». *The Journal of Political Economy*, Vol. 66, N° 3, pp. 233-255, Chicago.

WEYMAR, Helmut
1968 *The Dynamics of the World Cocoa Market*. Cambridge: The MIT Press

WILLIAMS, Jeffrey y Brian WRIGHT
1991 *Storage and Commodity Markets*. New York: Cambridge University Press.

WORKING, Holbrook
1933 «Price Relations Between July and September Wheat Futures at Chicago Since 1885». *Wheat Studies of the Food Research Institute*, Vol. 9, N° 6, pp. 187-274.
1949 «Theory of Price of Storage». *The American Economic Review*, Vol. 39, N° 6, pp. 1254-1262, Nashville.
1961 «Note on the Correlation of First Differences of Averages in a Random Chain». *Econometrica*, Vol. 28, N° 4, pp. 916-918, Evanston.

WRIGHT, Brian
1979 «The Effects of Ideal Production Stabilization: A Welfare Analysis Under Rational Behavior». *The Journal of Political Economy*, Vol. 87, N° 5, pp. 1011-1033, Chicago.

WRIGHT, Brian y Jeffrey WILLIAMS
1982 «The Economic Role of Commodity Storage». *The Economic Journal*, Vol. 92, N° 367, pp. 596-614, London.