

EL PRINCIPIO DE INCERTIDUMBRE EN ECONOMÍA: UNA NUEVA PERSPECTIVA SOBRE LA MEDICIÓN Y SUS EFECTOS EN LA POLÍTICA ECONÓMICA

Estructura Propuesta: El Principio de Incertidumbre en Economía

1. Introducción

- Contexto y motivación: Crisis financiera 2008 y COVID-19 como ejemplos de limitaciones en medición económica
- Presentación del concepto de "doble entropía"
- Analogía con el principio de incertidumbre de Heisenberg
- Relevancia práctica y contribución a la literatura
- Estructura del trabajo

2. Marco Teórico y Revisión de Literatura

2.1 Fundamentos de Medición Económica

- Morgenstern (1963) sobre precisión en observaciones económicas
- Koopmans (1947) sobre medición y teoría
- Evolución histórica del pensamiento

2.2 Incertidumbre y Expectativas

- Knight (1921) sobre riesgo e incertidumbre
- Lucas (1972) y expectativas racionales
- Desarrollos modernos sobre incertidumbre

2.3 Complejidad y Sistemas Económicos

- Arthur (1999) sobre complejidad económica
- Aplicaciones de teoría de sistemas complejos
- Conexiones con física cuántica

3. Marco Conceptual de la Doble Entropía

3.1 Formalización Matemática

- Definición formal de doble entropía
- Ecuaciones fundamentales
- Propiedades y características

3.2 Mecanismos de Interacción

- Canal de expectativas
- Canal de política económica
- Retroalimentación y efectos dinámicos

3.3 Modelo DSGE Modificado

- Agente representativo bajo doble entropía
- Sector productivo
- Rol del gobierno
- Equilibrio general

4. Implicaciones para la Política Económica

- Política monetaria
- Política fiscal
- Comunicación de política económica
- Diseño de sistemas de medición

5. Agenda de Investigación Futura

- Desarrollo de métodos robustos
- Exploración de límites de predictibilidad
- Mejoras en comunicación de incertidumbre

6. Conclusiones

- Síntesis de hallazgos principales
- Implicaciones prácticas
- Reflexiones finales

1. Introducción (Primera Parte)

La medición económica se encuentra en una encrucijada sin precedentes. Los eventos económicos recientes, desde la crisis financiera global de 2008 hasta la pandemia de COVID-19, han expuesto no solo las limitaciones de nuestros sistemas actuales de medición económica, sino que han revelado un problema más profundo y fundamental: la propia naturaleza de la medición económica puede estar introduciendo distorsiones significativas en nuestra comprensión de la realidad económica, especialmente en períodos de alta incertidumbre.

La crisis financiera global de 2008 proporcionó una primera lección crítica en este sentido. Los indicadores económicos tradicionales fallaron sistemáticamente en captar la acumulación de riesgo sistémico en el sistema financiero. Los modelos de riesgo, basados en datos históricos y mediciones convencionales, no solo fueron incapaces de predecir la crisis, sino que potencialmente contribuyeron a su gestación al crear una falsa sensación de seguridad. Las mediciones de riesgo crediticio, las valoraciones de activos y los indicadores de estabilidad financiera mostraron ser no solo imprecisos, sino fundamentalmente inadecuados para captar la complejidad del sistema financiero moderno.

Estos fallos en la medición económica plantean una pregunta fundamental: ¿son estas limitaciones simplemente el resultado de instrumentos imperfectos y métodos inadecuados, o existe una restricción más profunda en nuestra capacidad para medir y comprender los sistemas económicos? La respuesta a esta pregunta requiere repensar fundamentalmente la relación entre medición y realidad económica, y para ello, encontramos una analogía reveladora en uno de los principios más revolucionarios de la física moderna.

Este trabajo propone un nuevo marco conceptual para entender la relación entre medición económica y realidad económica, inspirado en el principio de incertidumbre de Heisenberg en física cuántica. Así como Heisenberg estableció que el acto de observar un sistema cuántico modifica inevitablemente su estado, el argumento de este trabajo es que, en economía, el acto de medir puede alterar el sistema económico que intentamos comprender. Esta alteración no es un simple

error técnico que pueda ser corregido con mejores instrumentos o métodos más sofisticados, sino una limitación fundamental inherente a la naturaleza de los sistemas económicos y su medición.

La física cuántica revolucionó nuestra comprensión de la realidad al demostrar que, a nivel subatómico, el observador no puede separarse completamente del sistema observado. De manera análoga, en economía, especialmente en períodos de alta incertidumbre, el sistema de medición no puede separarse completamente del sistema medido. Esta interacción crea lo que podríamos denominar "doble entropía": la entropía inherente al sistema económico se combina con una entropía adicional introducida por el propio proceso de medición.

La relevancia de este enfoque se ha vuelto particularmente evidente durante la pandemia de COVID-19, que ha actuado como un experimento natural en medición económica. Los sistemas estadísticos tradicionales se enfrentaron a desafíos sin precedentes: patrones estacionales completamente alterados, relaciones económicas fundamentales disrumpidas, y niveles de incertidumbre que excedían cualquier experiencia histórica reciente. Sin embargo, lo más significativo no fue solo la dificultad para medir la actividad económica, sino cómo estas mediciones (y sus limitaciones) influyeron en las decisiones de política económica y, por ende, en la evolución misma de la crisis.

La naturaleza del problema que se identifica va más allá de los desafíos técnicos tradicionalmente reconocidos en la medición económica. Consideremos, por ejemplo, el caso de la medición de la inflación durante períodos de alta incertidumbre. Los índices de precios no solo capturan cambios en los precios relativos, sino que también influyen en la formación de expectativas de inflación, que a su vez afectan al comportamiento de fijación de precios de las empresas y a las decisiones de consumo de los hogares. Este ciclo de retroalimentación entre medición y comportamiento económico crea una forma de indeterminación fundamental que es análoga al principio de incertidumbre en física cuántica.

La literatura existente ha abordado diversos aspectos relacionados con esta problemática, pero hasta donde sabemos ningún enfoque previo ha captado completamente la naturaleza fundamental del problema que identificamos. Los trabajos seminales de Morgenstern (1963) sobre la precisión de las estadísticas económicas y las contribuciones más recientes de Manski (2015) sobre identificación parcial han documentado las limitaciones técnicas de nuestros sistemas estadísticos. La literatura sobre expectativas racionales, iniciada por Lucas (1972) y desarrollada por Sargent (1993), ha analizado cómo los agentes económicos incorporan la información disponible en sus decisiones. Los estudios sobre incertidumbre en política económica, desde Brainard (1967) hasta Baker et

al. (2016), han explorado cómo la falta de información precisa afecta a las decisiones de política.

Sin embargo, la contribución de este trabajo se distingue fundamentalmente de estos enfoques previos en tres aspectos cruciales. Primero, mientras que la literatura existente trata la incertidumbre en la medición económica como un problema técnico o metodológico, en este trabajo se identifica como una característica intrínseca e inevitable del proceso de medición en sí mismo. Segundo, somos los primeros en establecer un análisis formal y riguroso influenciado por el principio de incertidumbre de Heisenberg, proporcionando así un marco teórico completamente nuevo para entender las limitaciones fundamentales de la medición económica. Tercero, y quizás más importante, el concepto de "doble entropía" ofrece por primera vez una herramienta analítica que no solo describe, sino que también cuantifica, la interacción bidireccional entre el acto de medir y la realidad económica medida, permitiendo así un análisis más profundo de cómo las mediciones económicas pueden alterar el propio sistema que intentan describir.

Las implicaciones de este enfoque son particularmente relevantes para la política económica. En el ámbito de la política monetaria, los bancos centrales basan sus decisiones en mediciones de inflación, crecimiento y empleo. Si estas mediciones no solo son imperfectas, sino que además alteran el sistema que intentan medir, las implicaciones para la efectividad de la política monetaria son profundas. La "forward guidance" y otras formas de comunicación de la política monetaria no son simplemente anuncios de intenciones futuras; son intervenciones que alteran la realidad que intentan describir.

De manera similar, en el ámbito de la política fiscal, las estimaciones del PIB y otros indicadores macroeconómicos no son simplemente mediciones pasivas de la actividad económica. La publicación de estas estimaciones puede influir en las decisiones de inversión, consumo y ahorro de los agentes económicos, alterando así la trayectoria futura de las variables que se intentan medir. Este fenómeno se vuelve particularmente relevante en períodos de crisis, cuando la incertidumbre es alta y los agentes económicos son especialmente sensibles a las señales oficiales.

La contribución de este trabajo a la literatura es múltiple. Primero, proporcionamos un nuevo marco conceptual para entender las limitaciones fundamentales de la medición económica, que va más allá de los problemas técnicos tradicionalmente reconocidos. Segundo, introducimos el concepto de "doble entropía" como una herramienta analítica para entender cómo la medición interactúa con la realidad económica. Tercero, desarrollamos las implicaciones de este enfoque para la política económica, argumentando que los decisores políticos deben ser conscientes no solo de la incertidumbre en sus mediciones, sino también de cómo

sus mediciones y anuncios pueden alterar la realidad económica que intentan influir. Cuarto, proponemos una agenda de investigación para desarrollar métodos de medición más robustos que tengan en cuenta esta interacción fundamental entre medición y realidad económica.

La relevancia práctica de este trabajo se extiende más allá del ámbito académico. En un mundo caracterizado por creciente complejidad e interconexión, los períodos de alta incertidumbre son cada vez más frecuentes. El cambio climático, las disrupciones tecnológicas, las pandemias y las crisis financieras crean entornos donde la medición económica tradicional puede ser particularmente problemática.

Las secciones siguientes de este trabajo desarrollarán estos argumentos en detalle. La Sección 2 revisa la literatura relevante y establece el contexto teórico. La Sección 3 presenta nuestro marco conceptual de la doble entropía. La Sección 4 explora las implicaciones para la política económica. Finalmente, la Sección 5 propone una agenda de investigación futura.

En última instancia, argumentamos que reconocer y comprender la naturaleza dual de la entropía en sistemas económicos es crucial para desarrollar políticas económicas más efectivas en un mundo cada vez más incierto. Este reconocimiento no debe llevarnos al nihilismo metodológico, sino a un enfoque más sofisticado y matizado de la medición económica y sus implicaciones para la política económica.

2. MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN DE LITERATURA (Primera Parte)

La relación entre medición y realidad económica ha sido objeto de estudio desde los inicios de la economía como disciplina científica. Sin embargo, la comprensión de cómo la medición puede afectar al propio sistema económico ha evolucionado significativamente en las últimas décadas. Esta sección revisa las principales contribuciones teóricas y empíricas que han moldeado nuestra comprensión de este fenómeno.

2.1. Evolución histórica del pensamiento sobre medición económica

La preocupación por la precisión y las limitaciones de la medición económica se remonta a los trabajos seminales de Oskar Morgenstern (1963, "On the Accuracy of Economic Observations"). Morgenstern fue uno de los primeros en señalar que las estadísticas económicas no son simples registros pasivos de la realidad, sino construcciones complejas que pueden influir en el comportamiento económico. Su trabajo estableció las bases para una comprensión más profunda de las limitaciones inherentes a la medición económica.

Koopmans (1947, "Measurement Without Theory") añadió una dimensión crucial al debate al cuestionar la validez de la medición económica divorciada de un marco teórico sólido. Su crítica al empirismo puro en economía resalta la importancia de entender las interacciones entre teoría, medición y realidad económica.

La revolución de las expectativas racionales, iniciada por Muth (1961) y desarrollada por Lucas (1972, "Expectations and the Neutrality of Money"), introdujo una nueva dimensión al problema. Al postular que los agentes económicos utilizan toda la información disponible para formar sus expectativas, esta literatura implícitamente reconoció que las mediciones económicas no son meras observaciones pasivas, sino inputs activos en el proceso de toma de decisiones de los agentes.

2.2. Desarrollos teóricos sobre incertidumbre y medición

La literatura sobre incertidumbre en economía ha evolucionado desde el trabajo seminal de Knight (1921, "Risk, Uncertainty and Profit") hasta las contribuciones más recientes sobre incertidumbre radical y ambigüedad. Particularmente relevante es el trabajo de Gilboa y Schmeidler (1989) sobre decisiones bajo ambigüedad, que proporciona un marco formal para entender cómo los agentes toman decisiones cuando la incertidumbre no puede ser completamente caracterizada por distribuciones de probabilidad conocidas.

Brainard (1967, "Uncertainty and the Effectiveness of Policy") estableció un marco fundamental para entender cómo la incertidumbre afecta a la política económica. Su principio de conservadurismo en la política económica bajo incertidumbre tiene implicaciones directas para nuestra comprensión de cómo la incertidumbre en la medición puede afectar a las decisiones de política.

Las contribuciones más recientes de Hansen y Sargent (2001, "Robust Control and Model Uncertainty in Economics") sobre control robusto y incertidumbre del modelo han proporcionado herramientas formales para analizar la toma de decisiones cuando existe incertidumbre fundamental sobre la estructura del sistema económico.

2.3. Expectativas y su formación en contextos de medición imperfecta

La literatura sobre formación de expectativas ha evolucionado significativamente desde las expectativas adaptativas hasta marcos más sofisticados. Evans y Honkapohja (2001, "Learning and Expectations in Macroeconomics") han

desarrollado una teoría comprehensiva sobre cómo los agentes aprenden y forman expectativas en entornos económicos complejos. Su trabajo es particularmente relevante para entender cómo las mediciones económicas influyen en el proceso de aprendizaje y formación de expectativas.

Woodford (2013, "Macroeconomic Analysis Without the Rational Expectations Hypothesis") ha cuestionado la hipótesis de expectativas racionales, proponiendo marcos alternativos que reconocen las limitaciones cognitivas y de información de los agentes económicos. Esta perspectiva es crucial para entender cómo los agentes procesan y responden a las mediciones económicas imperfectas.

2.4. Complejidad y entropía en sistemas económicos

La aplicación de conceptos de la teoría de sistemas complejos a la economía ha sido desarrollada por autores como Arthur (1999, "Complexity and the Economy") y Brock y Durlauf (2006, "Social Interactions and Macroeconomics"). Esta literatura proporciona herramientas conceptuales para entender cómo pequeñas perturbaciones, incluyendo errores de medición, pueden amplificarse a través de interacciones no lineales en el sistema económico.

El concepto de entropía en economía ha sido explorado por Sims (2003, "Implications of Rational Inattention") en su trabajo sobre atención racional, donde la entropía se utiliza para medir la capacidad de procesamiento de información de los agentes económicos. Esta perspectiva es particularmente relevante para nuestro concepto de "doble entropía".

2.5. Conexiones con la física cuántica y sus principios

La analogía entre el principio de incertidumbre de Heisenberg y las limitaciones fundamentales en la medición económica ha sido sugerida por varios autores, aunque de manera más implícita que explícita. Prigogine y Stengers (1984, "Order Out of Chaos") proporcionaron un marco conceptual para entender cómo los principios de la física moderna podrían aplicarse a sistemas sociales complejos.

2.6. Desarrollos recientes y gaps en la literatura

La literatura reciente sobre "uncertainty shocks" (Bloom, 2009; Baker et al., 2016) ha proporcionado evidencia empírica sobre cómo la incertidumbre afecta al comportamiento económico. Sin embargo, estos trabajos generalmente no distinguen entre la incertidumbre inherente al sistema económico y la incertidumbre introducida por los sistemas de medición.

Manski (2015, "Communicating Uncertainty in Official Economic Statistics") ha abordado específicamente el problema de la incertidumbre en las estadísticas oficiales, pero su enfoque se centra principalmente en aspectos técnicos y de comunicación, más que en las interacciones fundamentales entre medición y realidad económica.

2.7. Síntesis y contribución a la literatura existente

Aunque la literatura existente ha abordado diversos aspectos relacionados con la medición económica y la incertidumbre, identificamos varios gaps significativos:

1. No existe un marco teórico unificado que explique cómo la medición económica interactúa con la realidad que intenta medir.
2. La analogía con el principio de incertidumbre en física cuántica no ha sido desarrollada formalmente en el contexto económico.
3. El concepto de "doble entropía" que proponemos no ha sido explorado en la literatura existente.
4. Las implicaciones para la política económica de esta interacción fundamental entre medición y realidad no han sido completamente desarrolladas.

Nuestro trabajo busca llenar estos gaps proporcionando un marco conceptual unificado que integre las perspectivas de la literatura sobre incertidumbre, expectativas, complejidad y medición económica. En la siguiente sección, desarrollamos formalmente nuestro concepto de "doble entropía" y sus implicaciones para la medición económica.

3. EL MARCO CONCEPTUAL DE LA DOBLE ENTROPÍA

3.1. Formalización matemática del concepto de doble entropía

La doble entropía en sistemas económicos puede formalizarse considerando dos fuentes distintas pero interrelacionadas de incertidumbre. Sea Y_t el verdadero estado de una variable económica en el tiempo t , y \tilde{Y}_t su medición observada. Podemos expresar la relación entre ambas como:

$$\tilde{Y}_t = Y_t + \varepsilon_t(Y_t) + \eta_t(\tilde{Y}_{t-1})$$

Donde:

- $\varepsilon_t(Y_t)$ representa la entropía inherente del sistema económico
- $\eta_t(\tilde{Y}_{t-1})$ representa la entropía introducida por el proceso de medición
- La dependencia de η_t en \tilde{Y}_{t-1} captura cómo las mediciones previas afectan a las mediciones actuales

La entropía total del sistema (H) puede entonces expresarse como:

$$H(\tilde{Y}_t) = H(Y_t) + H(\varepsilon_t) + H(\eta_t) + I(\varepsilon_t, \eta_t)$$

Donde:

- $H(Y_t)$ es la entropía del sistema económico subyacente
- $H(\varepsilon_t)$ es la entropía adicional inherente
- $H(\eta_t)$ es la entropía introducida por la medición

- $I(\epsilon_t, \eta_t)$ es el término de información mutua que captura la interacción entre ambas fuentes de entropía

Esta formalización tiene varias implicaciones importantes:

1. La no-separabilidad: No es posible separar completamente la entropía inherente del sistema de la entropía introducida por la medición debido al término de información mutua $I(\epsilon_t, \eta_t)$.

2. La retroalimentación dinámica: Las mediciones pasadas afectan a las mediciones futuras a través de $\eta_t(\tilde{Y}_{t-1})$, creando un ciclo de retroalimentación.

3. La dependencia del estado: La magnitud de ambas fuentes de entropía puede variar con el estado del sistema, siendo típicamente mayor en períodos de alta volatilidad o cambio estructural.

Además, podemos caracterizar la evolución dinámica del sistema mediante:

$$\partial H(\tilde{Y}_t) / \partial t = f(H(Y_t), H(\epsilon_t), H(\eta_t), I(\epsilon_t, \eta_t))$$

Esta ecuación diferencial captura cómo la entropía total del sistema evoluciona en el tiempo, influenciada por ambas fuentes de incertidumbre y sus interacciones.

La medida de entropía puede normalizarse para producir un índice entre 0 y 1:

$$H^*(\tilde{Y}_t) = H(\tilde{Y}_t) / H_{\max}$$

Donde H_{\max} representa la máxima entropía posible del sistema bajo condiciones de completa aleatoriedad.

Esta formalización nos permite:

1. Cuantificar la contribución relativa de cada fuente de entropía
2. Analizar cómo estas contribuciones varían en el tiempo
3. Estudiar las condiciones bajo las cuales la entropía de medición domina a la entropía inherente

3.2. Formalización matemática del concepto de doble entropía

La formalización del concepto de doble entropía puede construirse sobre varios fundamentos teóricos bien establecidos. Partimos de la teoría de la información de Shannon (1948), que proporciona el marco básico para la medición de la entropía, y lo combinamos con los desarrollos de Sims (2003) sobre rational inattention en economía.

Siguiendo a Sims, la capacidad de procesamiento de información en economía puede medirse utilizando la entropía de Shannon. Sin embargo, extendemos este marco para considerar dos fuentes distintas de incertidumbre informacional.

Para la formulación básica, nos apoyamos en el trabajo de Hendry (1995) sobre incertidumbre en econometría y el de Hansen y Sargent (2001) sobre robustez en modelos económicos. En particular, la estructura de nuestra ecuación de medición se inspira en el tratamiento de Hansen y Sargent de la incertidumbre del modelo.

La idea es construir paso a paso el marco matemático, mostrando cómo cada elemento se deriva o se relaciona con trabajos previos establecidos en la literatura.

3.3. Formalización matemática del concepto de doble entropía

Partimos de la medida de entropía de Shannon (1948), que en el contexto económico ha sido aplicada por Sims (2003) para cuantificar la incertidumbre informacional. La entropía de Shannon para una variable aleatoria X se define como:

$$H(X) = -\sum p(x)\log p(x)$$

donde $p(x)$ es la función de probabilidad.

En el contexto de medición económica, siguiendo el marco de estado-espacio de Hansen y Sargent (2001), podemos expresar la relación entre una variable económica real y su medición como:

$$Y_t = \mu_t + e_t$$

Donde:

- Y_t es la variable observada
- μ_t es el estado real (no observable)
- e_t es el error de medición

Sin embargo, y aquí es donde extendemos el marco existente, proponemos que el error e_t tiene dos componentes distinguibles pero interrelacionados, inspirándonos en la descomposición de Hendry (1995) de la incertidumbre en modelos econométricos:

$$e_t = \varepsilon_t(\mu_t) + \eta_t(Y_{t-1})$$

Donde:

- $\varepsilon_t(\mu_t)$ representa la incertidumbre inherente del sistema económico, similar al concepto de "modelo de incertidumbre" de Hansen y Sargent
- $\eta_t(Y_{t-1})$ representa la incertidumbre introducida por el proceso de medición, que depende de mediciones previas

Este planteamiento conecta con la literatura de aprendizaje adaptativo (Evans y Honkapohja, 2001), donde los agentes actualizan sus percepciones basándose en observaciones pasadas.

Siguiendo esta estructura fundamentada, la entropía total del sistema puede expresarse como una medida de información mutua (siguiendo a Cover y Thomas, 2006):

$$H(Y_t|\mu_t) = H(\varepsilon_t) + H(\eta_t) - I(\varepsilon_t, \eta_t)$$

Donde $I(\varepsilon_t, \eta_t)$ representa la información mutua entre las dos fuentes de incertidumbre, un concepto desarrollado en la teoría de la información pero aplicado al contexto económico por Sims (2003).

La dinámica del sistema puede entonces caracterizarse mediante un proceso de filtrado similar al propuesto por Kalman, pero modificado para incorporar la retroalimentación de la medición:

$$\mu_{t+1} = F(\mu_t) + G(Y_t)$$

$$Y_{t+1} = H(\mu_{t+1}) + \varepsilon_{t+1}$$

Donde $F(\cdot)$, $G(\cdot)$, y $H(\cdot)$ son funciones no lineales que capturan la evolución del sistema. Esta formulación se conecta con el trabajo de Hamilton (1994) sobre series temporales no lineales.

La novedad de nuestro enfoque radica en que $G(Y_t)$ captura explícitamente cómo las mediciones previas afectan a la evolución del estado real del sistema, un aspecto no considerado en los modelos tradicionales de estado-espacio.

Continuando con el desarrollo, las implicaciones dinámicas de este sistema pueden analizarse en términos de la formación de expectativas, conectando con la literatura de expectativas racionales y sus extensiones.

Siguiendo a Woodford (2013), podemos considerar que los agentes forman expectativas basadas en información imperfecta:

$$E[\mu_{t+1}|I_t] = E[\mu_{t+1}|Y_t, Y_{t-1}, \dots, Y_0]$$

Donde I_t representa el conjunto de información disponible en t , que consiste en la historia de mediciones observadas.

La novedad crucial de nuestro enfoque es que estas expectativas están sujetas a una doble distorsión:

1. La distorsión inherente del sistema (conectando con Lucas, 1972):

$$\varepsilon_t \sim f(\mu_t, \sigma^2 \varepsilon)$$

2. La distorsión inducida por la medición (extensión del trabajo de Manski, 2015):

$$\eta_t \sim g(Y_{t-1}, \sigma^2 \eta)$$

Donde $f(\cdot)$ y $g(\cdot)$ son funciones de densidad que dependen del estado del sistema y la historia de mediciones, respectivamente.

La dinámica resultante puede caracterizarse mediante un sistema de ecuaciones diferenciales estocásticas (siguiendo el enfoque de Föllmer, 1974 en economía matemática):

$$d\mu_t = a(\mu_t, Y_t)dt + b(\mu_t)dW_t^1$$

$$dY_t = c(Y_t, \mu_t)dt + d(Y_t)dW_t^2$$

Donde:

- W_t^1 y W_t^2 son movimientos Brownianos posiblemente correlacionados
- $a(\cdot)$ y $c(\cdot)$ capturan la deriva del sistema
- $b(\cdot)$ y $d(\cdot)$ representan la volatilidad

La formulación anterior tiene implicaciones directas para la política económica, conectando con la literatura de control óptimo y decisiones bajo incertidumbre.

Siguiendo el enfoque de Brainard (1967) y sus extensiones modernas por Giannoni (2002), el problema del policy maker puede expresarse como:

$$\min_{\{u_t\}} E[L(\mu_t, u_t)|I_t]$$

Sujeto a la dinámica del sistema anteriormente especificada, donde:

- u_t es el instrumento de política

- $L(\cdot)$ es una función de pérdida cuadrática
- I_t es el conjunto de información disponible, que incluye las mediciones distorsionadas

La novedad crucial es que el policy maker enfrenta una restricción de información más compleja que la tradicionalmente considerada. Siguiendo a Svensson y Woodford (2004), pero extendiendo su marco, el problema puede reescribirse como:

$$\min_{\{u_t\}} E[L(\mu_t, u_t) | Y_t, \eta(Y_{t-1})]$$

Este problema de optimización está sujeto a dos tipos de restricciones de información:

1. La restricción de información estándar sobre el estado del sistema (siguiendo a Orphanides, 2003):

$$E[\mu_t | I_t] = \mu_t$$

2. Una nueva restricción que refleja la distorsión inducida por la medición:

$$E[\eta(Y_{t-1}) | I_t] = 0$$

Estas implicaciones se pueden desarrollar para diferentes ámbitos de la política económica, comenzando con la política monetaria, donde el problema es particularmente relevante.

Para política monetaria, siguiendo el marco de Woodford (2003) pero incorporando nuestra doble restricción de información, el banco central enfrenta:

$$\min_{\{\pi_t\}} E[\alpha(\pi_t - \pi^*)^2 + \beta(y_t - y^*)^2 | Y_t, \eta(Y_{t-1})]$$

Donde:

- i_t es el tipo de interés
- π_t es la inflación
- y_t es el output gap
- π^* e y^* son los objetivos
- α y β son los pesos relativos

La novedad crítica aquí, conectando con Walsh (2004), es que la medición de π_t y y_t está sujeta a nuestra doble distorsión, lo que implica:

$$\pi_{t, \text{observada}} = \pi_{t, \text{real}} + \varepsilon_{\pi t} + \eta_{\pi t}$$

$$y_{t, \text{observado}} = y_{t, \text{real}} + \varepsilon_{y t} + \eta_{y t}$$

Para política fiscal, siguiendo a Auerbach et al. (2010), el problema se complica aún más porque:

$$\min_{\{g_t\}} E[L(d_t, g_t, \tau_t) | I_t]$$

Donde:

- g_t es el gasto público
- d_t es la deuda
- τ_t son los ingresos fiscales

3.2. Mecanismos precisos de interacción entre medición y realidad económica

Los mecanismos de interacción entre medición y realidad económica pueden categorizarse en varios canales específicos, cada uno con sus propias dinámicas y efectos de retroalimentación.

1. Canal de Expectativas

La interacción más directa ocurre a través de la formación de expectativas. Siguiendo a Morris y Shin (2002), podemos modelizar las expectativas de los agentes como:

$$E[\mu_{t+1}|I_t] = \theta Y_t + (1-\theta)\mu^f$$

Donde:

- θ es el peso dado a la medición oficial
- μ^f es la señal privada de los agentes
- I_t es el conjunto de información disponible

La novedad de nuestro enfoque es que Y_t ya contiene la distorsión de medición, por lo que las expectativas se forman sobre una base potencialmente sesgada.

2. Canal de Política Económica

Las autoridades económicas responden a las mediciones observadas:

$$u_t = f(Y_t) + \varepsilon_t$$

Donde:

- u_t es la respuesta de política
- $f(\cdot)$ es la función de reacción
- ε_t es el error de política

Este mecanismo crea un bucle de retroalimentación donde las políticas basadas en mediciones distorsionadas afectan al estado real de la economía.

Modelo formal

Perfecto. Podemos desarrollar un modelo DSGE modificado que incorpore explícitamente la doble entropía. Aquí está el esquema básico:

1. Agente Representativo:

- Función de utilidad: $U(c_t, l_t)$
- Restricción presupuestaria: $c_t + s_t = w_t(1-l_t) + (1+r_t)s_{t-1} + T_t$

Donde:

- c_t es consumo
- l_t es ocio
- w_t es salario
- s_t son ahorros
- r_t tipo de interés
- T_t transferencias del gobierno

2. Sector Productivo:

$$Y_{\text{real}_t} = A_t F(K_t, N_t)$$

Donde:

- A_t es productividad
- K_t capital
- N_t trabajo ($1-l_t$)

3. Gobierno:

- Observa: $Y_{\text{medido}_t} = Y_{\text{real}_t} + \varepsilon_t + \eta_t$
- Política fiscal: $g_t = g(Y_{\text{medido}_t})$
- Restricción: $g_t + (1+r_t)B_{t-1} = T_t + B_t$

Donde:

- gt es gasto público
- Bt es deuda pública

4. Equilibrio General:

$$Y_{\text{real}_t} = ct + gt + It$$

La novedad sería:

- Introducir explícitamente la doble distorsión en la medición
- Modelizar cómo esto afecta a las decisiones del gobierno
- Ver cómo las expectativas se ajustan

De acuerdo. Empecemos por especificar más detalladamente el problema del agente representativo y cómo se ve afectado por la doble entropía.

1. Problema del Agente Representativo:

$$\max E[\sum \beta^t U(ct, lt) | It]$$

sujeto a:

$$ct + st = wt(1-lt) + (1+rt)st-1 + Tt$$

La novedad crucial es que It (conjunto de información) incluye:

- Señales directas del estado de la economía
- Mediciones oficiales (con doble distorsión)
- Política fiscal observada

Las expectativas se forman:

$$E[x_{t+1}|I_t] = \alpha_1 E[x_{t+1}|\text{señales_directas}] + \alpha_2 E[x_{t+1}|Y_medido_t] + \alpha_3 E[x_{t+1}|g_t]$$

donde x_{t+1} representa variables futuras como salarios o tipos de interés.

¿Quieres que profundicemos en:

1. La formación específica de expectativas?
2. Las condiciones de primer orden del agente?
3. Cómo la doble entropía afecta sus decisiones?

¿Por dónde prefieres que continuemos?

Desarrollemos entonces estos elementos en detalle:

1. Formación de Expectativas

Las expectativas del agente tienen una estructura particular debido a la doble entropía. Podemos especificarlas como:

$$E[x_{t+1}|I_t] = \alpha_1(x_t + v_t) + \alpha_2(Y_medido_t) + \alpha_3(g_t)$$

Donde:

- v_t es la señal privada del agente
- $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$ (ponderaciones)

2. Condiciones de Primer Orden

Del problema de maximización obtenemos:

$$\partial U / \partial c_t: U_c(c_t, l_t) = \lambda_t$$

$$\partial U / \partial l_t: U_l(c_t, l_t) = \lambda_t w_t$$

$$\partial U / \partial s_t: \lambda_t = \beta E[(1+r_t+1)\lambda_{t+1} | I_t]$$

Donde λ_t es el multiplicador de Lagrange.

La novedad es que λ_{t+1} depende de expectativas formadas con información distorsionada.

3. Decisiones bajo Doble Entropía

Las decisiones del agente se ven afectadas por:

- Incertidumbre sobre el estado real (ε_t)
- Incertidumbre sobre la medición (η_t)
- Incertidumbre sobre la respuesta política

¿Quieres que profundicemos en alguno de estos aspectos o pasamos a especificar cómo estas decisiones interactúan con el sector productivo?

Excelente. Veamos la interacción con el sector productivo, donde la doble entropía genera efectos interesantes en las decisiones de producción y precios.

Sector Productivo:

1. Tecnología y Producción:

$$Y_{\text{real}_t} = A_t F(K_t, N_t)$$

donde:

- La productividad A_t se ve afectada por las expectativas: $A_t = \bar{A} + g(E[Y_t | I_t])$
- Las decisiones de empleo N_t dependen de señales distorsionadas del mercado

2. Decisiones de la Empresa:

$$\max E[\pi_t|I_t] = E[p_t Y_{\text{real}_t} - w_t N_t - r_t K_t | I_t]$$

La novedad aquí es que:

- p_t : los precios se fijan con información imperfecta
- Las expectativas de demanda incluyen la doble distorsión
- Las decisiones de inversión se basan en señales ruidosas

3. Interacción con Decisiones del Agente:

- La demanda de trabajo: $N_t = N(w_t, E[Y_t|I_t])$
- La oferta de trabajo del agente: $(1-l_t) = L(w_t, E[Y_t|I_t])$

¿Quieres que desarrollemos más:

1. El proceso de fijación de precios?
2. Las decisiones de inversión?
3. El equilibrio en el mercado laboral?