Universidad de San Andrés
Departamento de Economía
Maestría en Economía

Inflación y riesgo en las decisiones de inversión de los hogares

TANZI, Horacio Nicolás

Mentor: ROLDÁN, Fracisco

9 de Mayo, 2024

Tesis de Maestría en Economía de

Tanzi, Horacio Nicolás

Inflación y riesgo en las decisiones de inversión de los hogares

Resumen

Este estudio cuantifica los efectos de estado estacionario de la inflación sobre el riesgo en las decisiones de inversión de los hogares. En una economía pequeña y abierta, utilizando un modelo neokeynesiano de agentes heterogéneos (HANK), se introduce un activo riesgoso, el capital k, y un activo libre de riesgo, los bonos b. El retorno del capital se modela a través de una variante de Calvo-pricing, vinculándo el riesgo en k a la inflación. Los resultados indican que la inclusión del efecto de la inflación sobre el riesgo del capital provoca una recomposición de la cartera de los hogares, disminuyendo el stock de capital y aumentando el stock de activos seguros. Esta recomposición implica una disminución de la producción en estado estacionario.

Palabras clave:

Inflación, riesgo, inversión, agentes heterogéneos, fricciones de precios, composición de cartera de los hogares.

Inflation and risk on households investment decisions

Abstract

This study quantifies the steady-state effects of inflation on the risk of households' investment decisions. In a small open economy, using a heterogeneous agent New Keynesian (HANK) model, a risky asset, capital k, and a risk-free asset, bonds b, are introduced. The return of capital is modeled through a variant of Calvo-pricing, linking the risk in the returns to inflation. The results indicate that including the effect of inflation over the risk on capital leads to a portfolio reallocation among households, decreasing the stock of capital and increasing the stock of safe assets. This reallocation implies a decrease in steady-state production.

Keywords

Inflation, investment, risk, heterogeneous agents, price frictions, household portfolio composition, steady state.

Códigos JEL: E22 E31 E44 G11 G51

Índice

1. Introducción

El presente trabajo explora los efectos de la inflación sobre el bienestar y la composición de cartera de los hogares a través de uno de los tantos canales del proceso inflacionario, el aumento en el riesgo de las inversiones de capital frente a un aumento del nivel de inflación.

Existe un extenso cuerpo de evidencia empírica que vincula el aumento de la tasa de inflación con el incremento del riesgo y la incertidumbre. Chiang (2023) muestra que la volatilidad en el mercado de valores está asociada positivamente con la tasa de inflación. Van Hoomissen (1988), Parsley (1996) y Dabús (2000) encuentran una correlación positiva entre la tasa de inflación y la dispersión de precios de bienes y servicios finales para Israel, Estados Unidos y Argentina, respectivamente. Grier y Perry (1998), Daal, Naka y Sanchez (2005), entre otros, estudian la relación empírica positiva entre el nivel de inflación y la incertidumbre sobre la misma.

Son particularmente interesante los hallazgos de Boyd, Levine y B. D. Smith (2001), tasas más altas de inflación están asociadas a una mayor variabilidad de los retornos de las acciones; y mayor nivel de inflación implica menos actividad financiera en el largo plazo. En resumen, existe evidencia de una relación significativa, económicamente relevante y negativa entre la inflación y el sistema financiero.

Dado que la inversión es central para el crecimiento, Barro (1996) argumenta que este es el medio más probable por el cual la inflación afecta al crecimiento. Varios formalizan esta idea argumentando que la inflación incrementa fricciones informativas en el sistema financiero, mitigando las inversiones y por consiguiente la formación de capital y el producto (ej., R. T. Smith y van Egteren, 2005; Choi, B. D. Smith y Boyd, 1996).

Otros formalizan esta idea mediante un canal distinto al de las fricciones informativas, el de la incertidumbre y el riesgo (que fue discutido informalmente ya desde Friedman, 1976). Resumiendo, la inflación produce inestabilidad nominal que incrementa el riesgo en las decisiones de los agentes, los cuales adoptan posturas más conservadoras, especialmente respecto a sus decisiones de ahorro e inversión. Para abreviar, llamo a este canal y sus implicancias como: el efecto de la tasa de interés sobre el riesgo de las decisiones de inversión en capital. El cual me propongo formalizar y estudiar sus consecuencias sobre la composición de cartera de los hogares y el bienestar.

Este mismo canal fue abordado por otros estudios. Por ejemplo, Burdisso, Corso y Katz (2013) analizan las decisiones de composición de cartera del sector privado no financiero argentino, en función de los retornos reales observados para diferentes tipos de activos. Concluyen que la elevada volatilidad e inestabilidad nominal de la Argentina “han sesgado las tenencias de activos de reserva de valor del sector privado no financiero hacia aquellos instrumentos denominados en dólares y hacia inmueble”, lo cual evidencia una “sustitución de activos financieros internos por capital físico no productivo”. A su vez, De Gregorio y Sturzenegger (1997) muestran que en el mercado crediticio al subir la inflación los inversores (intermediarios financieros) tienen más dificultades para distinguir entre las empresas más riesgosas de las menos, lo que incrementa el riesgo de financiar y reduce el volumen invertido de equilibrio del mercado crediticio. Estas conclusiones teóricas, resumidas en qué el riesgo -asociado a la inflación- disminuye la demanda de inversión en capital, coinciden con los resultados de este trabajo. Mi aporte radica en que, primeramente, introduzco el riesgo de manera endógena, vinculándolo a la inflación y sin necesidad de un problema de información asimétrica; segundo, analizo este efecto en un marco de equilibrio general en una economía pequeña y abierta y exploro las implicancias sobre el resto de la economía.

Por otro lado, Dotsey y Sarte (2000) analizan los efectos de la variabilidad de la inflación en un modelo *cash-in-advance* de equilibrio general, pero concluyen que la incertidumbre generada por la inflación atenúa los efectos negativos de largo plazo sobre el producto, ya que motiva al ahorro precautorio. Dichas conclusiones se desprenden del contexto específico del modelo, donde la inflación no afecta al riesgo del capital pero si a la tenencia de dinero, son similares a las de Tobin (1965), pero contrarias a las del presente estudio. Como mostraré, la presencia de un segundo tipo de activo invierte el efecto sobre el capital; i.e, en el modelo que desarrollaré un aumento en la tasa de inflación incrementa el riesgo en la inversiones de capital, disminuye el stock de capital de estado estacionario y, por lo tanto, la producción. Este problema de selección de cartera es importante porque la inflación afecta diferente a distintos activos, en especial, como indica la evidencia empírica, amplifica el riesgo de los activos productivos. Además, otro punto de contraste con Dotsey y Sarte (2000) es que en su modelo la tasa de inflación es en sí misma riesgosa, lo cual se traslada al resto de la economía. Mi planteo, da un paso más, incluso con una tasa de inflación fija en estado estacionario, conocida y esperada por todos, genera un riesgo sobre las decisiones de inversión; y a mayor tasa de inflación mayor es ese riesgo.

A pesar de las valiosas contribuciones de estos estudios, algunos se basan en un modelo de equilibrio parcial (e.g., Burdisso, Corso y Katz, 2013; De Gregorio y Sturzenegger, 1997); otros no consideran el problema de selección de cartera de los hogares, donde la inflación afecta al riesgo del capital pero existe una alternativa segura de ahorro (e.g., Dotsey y Sarte, 2000). En contraste, este trabajo busca llenar este vacío en la literatura. Para ello, enmarco el análisis en el contexto de una economía pequeña y abierta con un modelo de equilibrio general con agentes heterogéneos y fricciones de precios, i.e., en un modelo HANK, en estado estacionario. En el cual, por el lado de la producción desarrollo una variante del modelo de Calvo que permite asociar la volatilidad de los beneficios de la empresas con el nivel de inflación. Los hogares pueden invertir en un bono nominal seguro y en capital pero, fricciones financieras mediante, no son capaces de diversificar el riesgo de esta segunda inversión.

Para extraer las principales conclusiones del modelo, comparo los resultados de este modelo contra uno idéntico excepto por la ausencia del efecto de la tasa de inflación sobre el riesgo en las inversiones de capital, lo que me permite medir la magnitud de dicho efecto. Encuentro que el efecto de la inflación sobre el riesgo del capital tiene un impacto grande sobre la composición de cartera de los hogares, en especial aumentando significativamente la demanda de activos seguros. También encuentro que la inflación tiene un efecto negativo sobre el bienestar en estado estacionario, pero que la magnitud y el sentido del efecto riesgo depende de la tasa de interés del activo seguro.

En la sección 2 explico los detalles del modelo. Luego, en la sección 3, planteo el algoritmo, explico su calibración y construyo *benchmarks* que servirán como puntos de referencia. Finalmente, en la sección 4 analizo los resultados y culmino con las conclusiones.

2. El Modelo

En esta sección describo el modelo, presento el enfoque general y los problemas que enfrentan las firmas y los hogares.

Enfoque General

El modelo se enmarca en una economía pequeña y abierta, cuenta con agentes heterogéneos, fricciones de precios y dos tipos de activos, uno seguro (bonos) y otro riesgoso (el capital), y lo analizo en estado estacionario.

El principal objetivo del modelo es capturar un canal por el cual la inflación de estado estacionario genera riesgo sobre las decisiones de inversión de capital. Una primera propuesta, podría ser que la inflación este gobernada por un proceso estocástico que haga que el nivel de inflación en sí mismo sea riesgoso (e.g., Dotsey y Sarte, 2000). Pero este no es el canal que me interesa, por el contrario, es justamente el interés de este trabajo que el nivel de inflación se encuentre fijo en el estado estacionario. ¿Si se tiene completa certeza sobre la tasa de inflación, es lo mismo una tasa de inflación de 15 % anual o una de 150 % anual? La idea de este trabajo es que a pesar de tener completa certeza sobre el nivel de inflación futuro, un elevado nivel de inflación conlleva riesgos sobre las decisiones de inversión.

Por lo que, el canal en cuestión por el cual la tasa de inflación de estado estacionario afecta al riesgo sobre las decisiones de inversión de capital se divide en dos partes como se ve en el diagrama de la Figura 1.

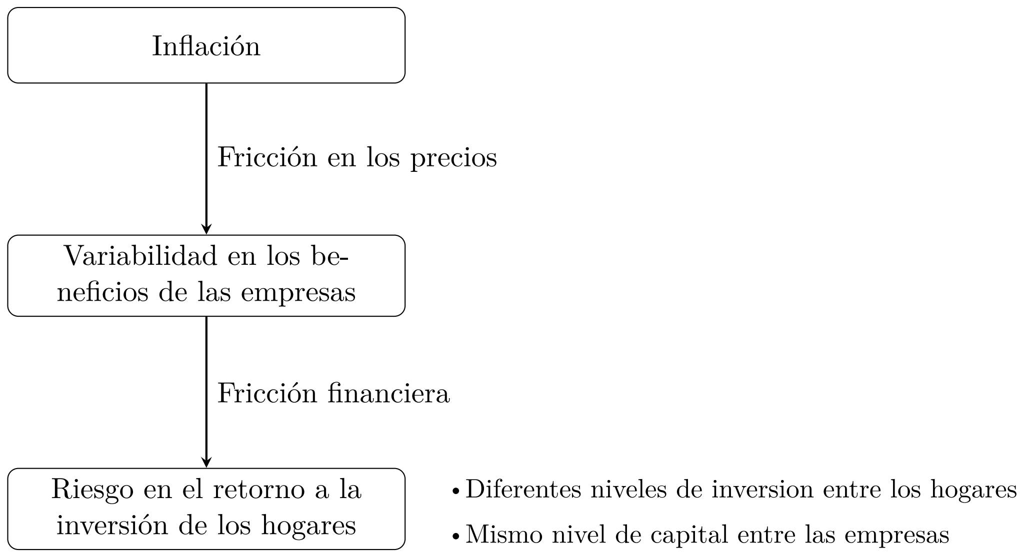

Figura 1: Canal del riesgo de la inflación

Primero, la inflación genera dispersión sobre los beneficios de las empresas. Segundo, la variabilidad en los beneficios de las empresas se traduce como riesgo en la inversión del capital.

Visto de otra forma, entre otras decisiones, el hogar i debe determinar cuánto k_{it} invertirá en el período t. Esta decisión en gran medida depende del retorno del capital que recibirá el período siguiente. Este es r_{it+1}, una variable aleatoria, que a modo de ejemplo se puede definir como:

$$r_{it+1} = \begin{cases} \hat{r} & \text{con probabilidad } \lambda \\ \check{r} & \text{con probabilidad } 1-\lambda \,. \end{cases}$$

Una forma de obtener esto, es que 1) el retorno del capital dependa del beneficio de las empresas; y 2) que haya dispersión de los beneficios. Por ejemplo,

$$r_{it+1} \equiv \begin{cases} \frac{\hat{\Pi}_{t+1}(k_t)}{k_t} - \delta & \text{con probabilidad } \lambda \\ \frac{\check{\Pi}_{t+1}(k_t)}{k_t} - \delta & \text{con probabilidad } 1-\lambda \,, \end{cases}$$

donde $\hat{\Pi} > \check{\Pi}$ son los diferentes beneficios posibles de las empresas.

A su vez, una manera de conseguir dispersión en los beneficios debido a la inflación, es mediante una variante al modelo de Calvo (1983). Al inicio de cada período, una empresa enfrenta un probabilidad constante, λ, de colocar su precio nominal óptimo. Si en cambio, la empresa no puede colocar el precio óptimo al inicio del período t, entonces el precio efectivo será su precio óptimo del período anterior. En otros términos

$$p_{jt} = \begin{cases} p_{jt}^* & \text{con prob. } \lambda \\ p_{jt-1}^* & \text{con prob. } 1-\lambda \end{cases} . \tag{1}$$

Se puede interpretar que al inicio del período t todas las empresas comienzan a resolver su problema de optimización, pero esto les insume tiempo y solo una fracción λ lo realiza a tiempo. Mientras que el resto llega tarde, i.e., halla su precio óptimo al final del período t; por lo que, este no será efectivo en t, pero les será útil en $t+1$ (si nuevamente no llegan a tiempo).

Es importante mencionar que al hablar de fricciones de precios o efectos reales de la inflación lo natural es optar por un esquema como el de Calvo (1983) o Rotemberg (1982). Sin embargo, estos modelos tradicionales tienen complicaciones. Usando Rotemberg (1982) nos encontramos que, ex-post, todas la empresas de bienes intermedios colocan el mismo precio y obtienen los mismos beneficios, por lo que no hay ningún tipo de variabilidad en ellos. Usando Calvo (1983) en equilibrio habrá infinitos precios diferentes, y por lo tanto garantiza variabilidad en los beneficios, pero lidiar con una distribución de infinitos beneficios posibles se torna computacionalmente desafiante si también se considera un entorno con heterogeneidad del lado de los hogares, como es el caso. Introducir variantes a los mismos mitiga estas complicaciones.

Finalmente, una opción para conectar la dispersión de los beneficios del lado de las empresas con la dispersión en los retornos de inversión del lado de los hogares es con los siguientes dos supuestos. Por un lado, los hogares están limitados a elegir una única empresa en la que invertir capital y obtener un porcentaje de los beneficios correspondiente al monto de inversión, $k_{it}(1+r_{it+1})$. Por otro lado, habrá muchos inversores por cada empresa. El primer supuesto impide a los hogares diversificar sus inversiones y los expone al riesgo de las empresas. El segundo permite que coexistan variabilidad en las inversiones de capital por parte de los hogares y un mismo nivel de capital entre las empresas. Este objetivo es importante porque (como explicaré en más detalle) un modelo de agentes heterogéneos implica heterogeneidad en las decisiones de ahorro de los hogares, mientras que los esquemas de fricciones de precios à la Calvo o à la Rotemberg se basan en homogeneidad ex-ante entre las empresas (en este caso, implica mismos niveles de k_{t-1}). Diferentes niveles de capital entre las empresas tornaría al problema de las empresas significativamente más complejo.

2.1. Las empresas

Empresa de bienes finales

En el período t, un bien final de consumo es producido, Y_t, por una empresa perfectamente competitiva. La empresa lo produce combinando un continuo de bienes intermedios indexados por

$j \in [0,1]$, usando la tecnología CES

$$Y_t = \Big[\int_0^1 y_{jt}^{\rho} \mathrm{d}j\Big]^{1/\rho} \tag{2}$$

donde $\rho < 1$ e y_{jt} denota el insumo del bien intermedio j para el período t. Siendo P_t y p_{jt} los precios del bien final y del bien intermedio j en el período t respectivamente. Del problema de minimización del gasto se obtiene la demanda Hicksiana del bien intermedio j:

$$y_{jt} = Y_t \Big[\frac{P_t}{p_{jt}}\Big]^{\sigma}, \tag{3}$$

donde definí $\sigma \equiv \frac{1}{1-\rho}$. Iterando 3, obtengo la siguiente relación entre el precio del bien final y el de los bienes intermedios

$$P_t = \Big(\int_0^1 p_{jt}^{1-\sigma} dj\Big)^{\frac{1}{1-\sigma}}. \tag{4}$$

Empresas de bienes intermedios

El bien intermedio $j \in [0,1]$ es producido por un monopolista cuya función de producción es

$$y_t = z k_{jt-1}^{\eta} l_{jt}^{1-\eta},$$

donde $\eta \in (0,1)$ y $z > 0$. Cada empresa requiere de dos factores productivos: capital, k, y trabajo, l. En el período $t-1$ los hogares determinan el capital empleado en el período t, es decir el capital es exógeno a las empresas. En cambio, las empresas determinan la demanda de trabajo en el mismo período en que será empleado. Por lo que, en el momento t la empresa j toma al capital k_{jt-1} como dado y su demanda Hicksiana de trabajo es

$$l_{jt} = \Big(\frac{y_{jt}}{z k_{jt-1}^{\eta}}\Big)^{\frac{1}{1-\eta}}.$$

En consecuencia, el costo marginal nominal es $CMg_t = W_t \frac{1}{1-\eta} \frac{y_{jt}^{\frac{\eta}{1-\eta}}}{(z k_{jt-1}^{\eta})^{\frac{1}{1-\eta}}}$.

Precios à la Calvo

De acuerdo al modelo tradicional de Calvo (1983), al inicio de cada período, una empresa enfrenta un probabilidad constante, λ, de colocar su precio nominal óptimo. Esta capacidad es independiente entre las firmas. Si en cambio, la empresa no puede colocar el precio óptimo al inicio del período t, entonces mantendrá el precio del período anterior. La especificación original es:

$$p_{jt} = \begin{cases} p_{jt}^{*} & \text{con prob. } \lambda \\ p_{jt-1} & \text{con prob. } 1-\lambda \end{cases}$$

Una variante del modelo de Calvo (1983) -muy utilizada en la literatura- corresponde a Christiano, Eichenbaum y C. Evans (2001). Estos autores proponen la siguiente especificación:

$$p_{jt} = \begin{cases} p^*_{jt} & \text{con prob. } \lambda \\ \pi_{t-1} p_{jt-1} & \text{con prob. } 1-\lambda \end{cases}$$

Los autores argumentan lo siguiente: "We interpret the Calvo price-setting mechanism as capturing firms responses to various costs of changing prices. The basic idea is that in the presence of these costs, firms fully optimize prices only periodically, and follow simple rules for changing their prices at other times. The type of costs we have in mind are those associated with optimization (e.g., costs associated with information gathering, decision making, negotiation and communication)."

La especificación que propongo en este modelo y que permite una dispersión reducida de los beneficios es

$$p_{jt} = \begin{cases} p^*_{jt} & \text{con prob. } \lambda \\ p^*_{jt-1} & \text{con prob. } 1-\lambda \end{cases} \tag{5}$$

Siguiendo el argumento de Christiano, Eichenbaum y C. Evans (2001), optimizar el precio implica por ejemplo, búsqueda de información, toma de decisiones, comunicación, etc., y por lo tanto requiere de tiempo. En esta variante, en el período t, todas las empresas quieren colocar el precio óptimo, pero solo una fracción λ llegan a tiempo y colocan su precio óptimo al inicio del período t. El resto "llega tarde", i.e., calcula y coloca su precio óptimo, pero al final del período t, cuando ya produjeron y ya vendieron, por lo que no les fue efectivo en t, pero podrá serlo en el próximo período, $t+1$.

En todas estas especificaciones, al momento de optimizar su precio, cada empresa sabe que en el período siguiente quizás no pueda colocar su precio óptimo. Es decir, cada empresa tiene en cuenta en su problema de optimización, que el precio que coloque en el presente, puede impactar en sus beneficios del período siguiente.

Las especificaciones tradicionales (i.e., Calvo, 1983; y Christiano, Eichenbaum y C. Evans, 2001) implican infinitos precios diferentes en cada período de la economía, ya que la probabilidad de no ajustar precios por K períodos, $(1-\lambda)^K$, es positiva para valores de K arbitrariamente grandes. Esto conlleva infinitos beneficios diferentes de las empresas. Sin embargo, trasladar esa distribución de beneficios hacia el lado de los hogares es computacionalmente complejo. En cambio, la variante que postulo implica que en equilibrio, en cada período de la economía, existen solo dos precios, p^*_t y p^*_{t-1}. Lo cual simplifica enormemente la distribución de beneficios a un número finito de estados; y por lo tanto, haciéndola computacionalmente fácil de manejar.

Mecanismo de precios del modelo

Aunque es posible partir desde un modelo à la Rotemberg (Rotemberg, 1982) como lo expongo en el apéndice (A), como explican Ascari (2004) y Ascari, Castelnuovo y Rossi (2011), el modelo à la Calvo presenta un comportamiento más consistencia para niveles positivos de inflación en estado estacionario; además, es el más empleado en la literatura. Por lo tanto emplearé la variante de Calvo.

De esta manera, el beneficio esperado en el período t de la empresa $j \in [0, 1]$ es:

$$\Pi^e_{jt}\big(p^*_{jt-1}, p_{jt}, k_{jt-1}\big) = \lambda \Pi_{jt}\big(p_{jt}, k_{jt-1}\big) + (1-\lambda)\Pi_{jt}\big(p^*_{jt-1}, k_{jt-1}\big),$$

donde $\Pi_{jt}\big(p_{jt}, k_{jt-1}\big)$ son los beneficios del período t si la empresa tiene el precio p_{jt}. Es decir,

$$\Pi_{jt}\big(p_{jt}, k_{jt-1}\big) = Y_t\Big(\frac{P_t}{p_{jt}}\Big)^{\sigma} p_{jt} - \frac{W_t}{1-\eta}\Big[Y_t\Big(\frac{P_t}{p_{jt}}\Big)^{\sigma}\frac{1}{zk^{\eta}_{jt-1}}\Big]^{\frac{1}{1-\eta}} \tag{6}$$

Al igual que en el modelo de Calvo (1983) la empresa debe tener en cuenta que el precio que elija hoy puede afectar su beneficio futuro. La diferencia, es que en este modelo el efecto está limitado a un único período futuro, mientras que en Calvo (1983) el efecto repercute sobre los infinitos períodos venideros, (i.e., hay una probabilidad $(1-\lambda)^n$ que en el período $t+n$ el precio fijado en t continúe vigente).

De esta manera, el problema de la empresa $j \in [0, 1]$ es

$$\max_{p_{jt}} \Big\{\Pi^e_{jt}\big(p^*_{jt-1}, p_{jt}, k_{jt-1}\big) + \frac{1}{1+i_t}\Pi^e_{jt+1}\big(p_{jt}, \bar{p}_{jt+1}, k_t, \big)\Big\},$$

donde i_t es la tasa de interés nominal libre de riesgo. La empresa elige p_{jt} y toma el resto de variables como dadas para maximizar sus beneficios intertemporales.

Nótese que el problema de la empresa se desvirtúa de la configuración de los problemas de rigideces de precios dinámicos (como Calvo, 1983 o Rotemberg, 1982), donde el supuesto típico es que las firmas descuentan el futuro con el factor de descuento estocástico de los hogares (sus dueños). Aunque con agentes representativos y estado estacionario no hay diferencia entre el factor de descuento estocástico y la tasa real, no es el caso para agentes heterogéneos. Por lo que asumo que las empresas tienen *managers* internacionales que se guían conforme a la tasa de interés internacional, pero con financiamiento local. Este supuesto, no menor, simplifica considerablemente el problema y permite dividir tajantemente entre empresas neutrales al riesgo y hogares adversos al mismo.

La solución de este problema está dada por, p^*_{jt} como

$$p^*_{jt} = \Big[(1-\alpha_t)\frac{W_t}{\rho(1-\eta)}\Big(\frac{Y_t P^{\sigma}_t}{z^{1/\eta}k_{jt-1}}\Big)^{\frac{\eta}{1-\eta}} + \alpha_t\frac{W_{t+1}}{\rho(1-\eta)}\Big(\frac{Y_{t+1}P^{\sigma}_{t+1}}{z^{1/\eta}k_{jt}}\Big)^{\frac{\eta}{1-\eta}}\Big]^{\frac{1-\eta}{1-\eta+\sigma\eta}}.$$

donde, para simplificar la notación, definí α_t como

$$\alpha_t \equiv \frac{\frac{1-\lambda}{1+i_t}Y_{t+1}P^{\sigma}_{t+1}}{\lambda Y_t P^{\sigma}_t + \frac{1-\lambda}{1+i_t}Y_{t+1}P^{\sigma}_{t+1}} = \frac{\frac{1-\lambda}{1+i_t}Y_{t+1}(1+\pi_{t+1})^{\sigma}}{\lambda Y_t + \frac{1-\lambda}{1+i_t}Y_{t+1}(1+\pi_{t+1})^{\sigma}}, \tag{7}$$

y a π_t como la tasa de inflación en t, i.e., $\pi_t \equiv \frac{P_t}{P_{t-1}} - 1$. Con fines ilustrativos, podemos reescribir la ecuación anterior usando α_t y compararla con la solución sin fricciones de precio $\tilde{p}_{jt}$:

$$p_{jt}^* = (1-\alpha_t)\frac{CMg_{jt}}{\rho} + \alpha_t \frac{CMg_{jt+1}}{\rho}\ , \qquad \tilde{p}_{jt} = \frac{CMg_{jt}}{\rho}.$$

Es decir, el precio a fijar es un promedio ponderado entre el precio de competencia monopolística hoy y el precio de competencia monopolística del período siguiente. En el modelo tradicional de Calvo (1983), el precio óptimo no solo consideraría al costo marginal del período siguiente, sino que tendría en cuanta cada uno de los costos marginales de los infinitos períodos venideros.

Resulta útil re-expresar esta solución en términos reales, para ello definamos $w_t \equiv W_t/P_t$ y $\hat{p}_t \equiv p_t^*/P_t$. Por lo tanto, el precio relativo óptimo queda definido conforme a

$$\hat{p}_{jt} = \left[(1-\alpha_t)\frac{w_t}{\rho(1-\eta)}\left(\frac{Y_t}{z^{1/\eta}k_{jt-1}}\right)^{\frac{\eta}{1-\eta}} + \alpha_t \frac{w_{t+1}}{\rho(1-\eta)}\left(\frac{Y_{t+1}}{z^{1/\eta}k_{jt}}\right)^{\frac{\eta}{1-\eta}}(1+\pi_t)^{\frac{1-\eta+\eta\sigma}{1-\eta}}\right]^{\frac{1-\eta}{1-\eta+\sigma\eta}}. \qquad (8)$$

Nótese que si todas las empresas establecen el mismo nivel de capital en cada período, i.e., $k_{jt} = k_t$ para todo $j \in [0,1]$ y para todo t, entonces el precio optimo de cada una de ellas será el mismo, i.e., $\hat{p}_{jt} = \hat{p}_t$ para todo $j \in [0,1]$ y para todo t. Este equilibrio, también sucede en Calvo (1983) y Christiano, Eichenbaum y C. Evans (2001), si las empresas son ex-ante iguales.

2.2. Los hogares y las rigideces financieras

En la literatura de *entrepreneurship* es común asignarle a cada hogar una tecnología productiva, entonces cada hogar es potencialmente una empresa (ver por ejemplo Quadrini, 2009). Por ejemplo, en D. S. Evans y Jovanovic (1989), si el hogar j elije ser empresaria (*entrepreneur*), entonces puede obtener el beneficio $\Pi_j = z_j k_j^\eta - \bar{r}k_j$, donde z_j es su habilidad empresarial y $\bar{r}$ es la renta del capital. Es decir cada hogar, tiene potencialmente un beneficio empresarial y debe elegir el nivel de capital, $k_j \geq 0$, para maximizar su beneficio Π_j. Adaptar este supuesto al modelo en cuestión, permitirá lograr que los hogares estén expuestos al riesgo de las empresas. Sin embargo, un supuesto así sin más traería dificultades en el lado de la producción, ya que este requiere que todas las empresas establezcan el mismo nivel de capital ($k_{jt} = k_t\ \forall j \in [0,1]\ \forall t$) para que el problema sea manejable. Mientras que un modelo de agentes heterogéneos se caracteriza por diferentes niveles de ahorro entre los hogares.

Supuesto sobre la densidad de los hogares

Así como para producir el bien final Y se usa un continuo de insumos de bienes intermedios, asumo que para cada bien intermedio y_j se usa un continuo de insumos de capital, k_{i_j}, e.g.,

$$k_{jt} = \int_0^1 k_{i_j t} \mathrm{d}i_j,$$

donde i_j pertenece al conjunto de hogares que invierten en la empresa j. En otras palabras, asumo para este modelo que hay una empresa de bienes finales, y detrás de ella hay un continuo de empresas de bienes intermedios de masa 1, indexados por $j \in [0,1]$. A su vez, detrás de cada empresa de bienes intermedios hay un continuo de inversores (hogares) de masa 1, indexados por $i \in [0,1] \times [0,1]$.

Supuesto de rigidez financiera

Asumo que cada hogar i debe elegir una única empresa j en la que invertir, es decir no puede diversificar su inversión. Lo cual comparte la esencia del supuesto típico de la literatura de *entrepeneurship*[1]. Además, asumo que, si un hogar está indiferente entre la empresa j_1 y la j_2, entonces dejará esa decisión librada al azar.

Implicancias de los supuestos

Por un lado, si todos las empresas tienen el mismo nivel de capital ($k_{jt} = k_t \ \forall j \in [0,1] \ \forall t$), entonces al inicio del período t los beneficios de las empresas constituyen variables aleatorias i.i.d. Entonces, todos los hogares están indiferentes entre las distintas empresas. Por lo tanto, para analizar el equilibrio no es necesario determinar qué hogar invierte en qué empresa.

Por otro lado, si todo los hogares están indiferentes entre las distintas empresas, entonces son asignados aleatoriamente a cada una de las empresas. Entonces, por la ley de los grandes números, la fracción de hogares que invierte el nivel de capital $\bar{k}$, $f(\bar{k})$, es asignada uniformemente entre las diferentes empresas. Entonces, se cumple $\int_0^1 k_{i_j t} \mathrm{d}i_j = \int_0^1 k_{i_{j'} t} \mathrm{d}i_{j'}$, es decir $k_{jt} = k_{j't} \forall j \in [0,1]$.

Finalmente, si una empresa j' posee más capital que el resto ($k_{j'} > k_j \ \forall j \neq j'$), entonces, por dominancia estocástica, los hogares preferirían trasladar su inversión a otra empresa, haciendo que $k_{j'}$ disminuya. En conclusión el equilibrio es posible únicamente si $k_{jt} = k_t \ \forall j \in [0,1] \ \forall t$.

Podemos definir la renta del capital r_{t+1} como la siguiente variable aleatoria.

$$r_{t+1} \equiv \begin{cases} \frac{\Pi_{t+1}(k_t, \hat{p}_{t+1})}{k_t} - \delta & \text{con probabilidad } \lambda \\ \frac{\Pi_{t+1}(k_t, \hat{p}_t)}{k_t} - \delta & \text{con probabilidad } 1 - \lambda \end{cases} \tag{9}$$

donde δ es la tasa de depreciación del capital. De manera que si un hogar invierte $\bar{k}$ en el período t recibirá un retorno aleatorio de $\bar{k}(1 + r_{t+1})$ en el período siguiente.

[1] Por ejemplo, Quadrini (2000)), donde cada hogar tiene acceso a un única tecnología productiva en la que puede invertir (o no) su capital ($k_i \geq 0$).

2.3. El problema de los hogares

En una economía pequeña y abierta existe un continuo de hogares de masa 1, pertenecientes al producto cartesiano $[0\ ;\ 1] \times [0\ ;\ 1]$, quienes maximizan su utilidad esperada intertemporal. Por ejemplo, para el hogar $i = (i_1, i_2)$, para todo $i_1 \in [0, 1]$ y todo $i_2 \in [0, 1]$, su función objetivo es

$$E \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \frac{c_{it}^{1-\gamma} - 1}{1-\gamma},$$

donde, c_{it} es el consumo al momento t, β es el factor de descuento intertemporal, y γ es el coeficiente de aversión relativa al riesgo. Los hogares pueden utilizar su ingreso para comprar el bien homogéneo de precio P_t, que puede ser utilizado tanto para consumo c_{it}, como insumo productivo k_{it}, siempre que $c_{it} \geq 0$ y $k_{it} \geq 0$. El consumo va destinado a la función de utilidad del hogar , mientras que el capital es cedido a una empresa de bienes intermedios y en el período siguiente otorga un retorno real aleatorio r_{it+1} (ver sub-sección 2.2). Además, los hogares pueden destinar su riqueza a comprar bonos $b_{it} \geq \underline{b}$ que pagan conforme a la tasa de interés internacional, R_f, al período siguiente. La cual es una tasa de interés real, fija y libre de riesgo, que bien podría expresarse en términos nominales como $i_t \equiv (1 + R_f) \times (1 + \pi_t) - 1$.

Por otro lado, el hogar i recibe una dotación laboral $n_{it} > 0$ cada período, caracterizada por un proceso de Markov de primer orden, de manera que la probabilidad de n_{it} está condicionada por n_{it-1}, resumida en $Pr_N(n'|n)$. Por lo que, el ingreso laboral real del período siguiente $w_{t+1}n_{it+1}$ presenta riesgo idiosincrático. El proceso de Markov es tal que se puede derivar las probabilidades estacionarias $Pr_N^*(n)$ y por lo tanto también la cantidad de oferta agregada de empleo estacionario, $N = \sum_n nPr_N^*(n)$.

En síntesis, la restricción presupuestaria intertemporal en términos reales tiene la forma de:

$$n_{it+1}w_{t+1} + k_{it}(1 + r_{it+1}) + b_{it}(1 + R_f) \geq c_{it+1} + k_{it+1} + b_{it+1}. \tag{10}$$

El problema de los hogares hogares en estado estacionario

Resuelvo el problema en el estado estacionario[2]. En el cual, las variables agregadas se tornan estacionarias (e.g., $w_t = w$, $k_t = k$, e $Y_t = Y$); pero las variables idiosincráticas (como r_{it}, n_{it} y k_{it}) aún dependen de t. Entonces, para no hacer abuso de notación, evitaré usar el índice i, ya que únicamente las variables que tengan un subíndice t requerían el subíndice i. En estado estacionario,

[2]Para poder tomar una decisión en el presente, t, el hogar necesite generar expectativas sobre el futuro. ¿Cuál será su salario en el período siguiente, w_{t+1}? ¿Cuál será el stock de capital, k_t? Bajo expectativas racionales debe usar toda la información disponible, incluyendo la distribución de activos, un objeto difícil de introducir en un problema de programación dinámica. Alternativamente, es posible abordar este problema analizando primero el estado estacionario. Metodología empleada por la literatura relevante.

el problema del hogar genérico queda definido por la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} V(k_{t-1}, b_{t-1}|n_t, r_t) = \max_{k_t, b_t} \Big\{ & \frac{(c_t)^{1-\gamma} - 1}{1-\gamma} + \beta E_t V(k_t, b_t | n_{t+1}, r_{t+1}) \Big\} \\ \text{sujeto a: } & n_t w + k_{t-1}\big(1 + r_t\big) + b_{t-1}\big(1 + R_f\big) \geq c_t + k_t + b_t \\ & k_t \geq 0 \\ & b_t \geq \underline{b}. \end{aligned}$$

En particular, resulta importante definir la correspondencia de política g que es solución de dicho problema,

$$\begin{aligned} g(k_{t-1}, b_{t-1}|n_t, r_t) = \arg\max_{k_t, b_t} \Big\{ & \frac{(c_t)^{1-\gamma} - 1}{1-\gamma} + \beta E_t V(k_t, b_t | n_{t+1}, r_{t+1}) \Big\} \\ \text{sujeto a: } & n_t w + k_{t-1}\big(1 + r_t\big) + b_{t-1}\big(1 + R_f\big) \geq c_t + k_t + b_t \\ & k_t \geq 0 \\ & b_t \geq \underline{b}. \end{aligned} \tag{11}$$

De lo que se desprende:

$$\begin{aligned} (k_t, b_t) &= g(k_{t-1}, b_{t-1}|r_t, n_t) \\ k_t &= g_k(k_{t-1}, b_{t-1}|r_t, n_t) \\ b_t &= g_b(k_{t-1}, b_{t-1}|r_t, n_t). \end{aligned}$$

La correspondencia g está caracterizada por las condiciones de primer orden del problema del hogar (en estado estacionario) las cuales son:

$$\begin{aligned} c_t^{-\gamma} - \eta_t^b &= \beta(1 + R_f) E_t[c_{t+1}^{-\gamma}] \\ c_t^{-\gamma} - \eta_t^k &= \beta E_t[(1 + r_{t+1}) c_{t+1}^{-\gamma}] \\ \eta_t^k k_t &= 0 \qquad k_t \geq 0 \\ \eta_t^b (b_t - \underline{b}) &= 0 \qquad b_t \geq \underline{b} \end{aligned} \tag{12}$$

La relación óptima entre activos

Siguiendo a Hintermaier y Koeniger (2010), los pasos a continuación descriptos permiten reexpresar el problema y obtener una relación óptima para los hogares entre capital y activo seguro.

De las dos primeras CPO en 12 se obtiene

$$\eta_t^b - \eta_t^k = \beta E_t\big\{[r_{t+1} - R_f] c_{t+1}^{-\gamma}\big\},$$

donde llamaré h al lado derecho de esta ecuación y remplazaré c_{t+1} empleando la restricción presupuestaria y las funciones de política g_k y g_b, es decir,

$$c_{t+1} = n_{t+1}w + k_t(1 + r_{t+1}) + b_t(1 + R_f) - g_k(k_t, b_t|n_{t+1}, r_{t+1}) - g_b(k_t, b_t|n_{t+1}, r_{t+1}).$$

Por lo tanto, es posible definir h como

$$h(k_t, b_t, n_t) \equiv \beta E_t\big\{[r_{t+1}-R_f][n_{t+1}w+k_t(1+r_{t+1})+b_t(1+R_f)-g_k(k_t, b_t|n_{t+1}, r_{t+1})-g_b(k_t, b_t|n_{t+1}, r_{t+1})]^{-\gamma}\big\},$$

y obtener

$$\eta_t^b - \eta_t^k = h(k_t, b_t, n_t).$$

Cuando ninguna de las restricciones ocasionalmente vinculantes está activa, i.e., cuando $\eta_t^b = \eta_t^n = 0$, existe una relación implícita entre k_t y b_t en $0 = h(k_t, b_t, n_t)$, dado un esta laboral n_t. En otros términos, $\exists \tilde{\kappa}: \ \tilde{\kappa}(b_t, n_t) = \tilde{k_t} \iff 0 = h(\tilde{k_t}, b_t, n_t)$.

Incorporar las restricciones ocasionalmente vinculantes implica ponerle un piso y una pared a la izquierda a la gráfica de $\tilde{\kappa}$. Notemos que si $0 > \bar{k}_t = \tilde{\kappa}(\bar{b}, \bar{n})$ no cumple la restricción y por lo tanto para el par $(\bar{b}, \bar{n})$ el k_t óptimo es 0. Si $b_t = \underline{b}$ entonces $h(k_t, \underline{b}, n_t) = \eta_t^b \geq 0$, y por lo tanto no hay una única solución para k_t, sino múltiples. Resumiendo,

$$\kappa(b_t, n_t) = \begin{cases} \max\{\tilde{k}, 0\} \ : \ 0 = h(\tilde{k}, b_t, n_t) & \text{si } \ b_t > \underline{b} \\ \big\{k_t \geq 0 \ : \ h(k_t, b_t, n_t) \geq 0\big\} & \text{si } \ b_t = \underline{b}. \end{cases} \tag{13}$$

La intuición es simple, si un hogar quiere ahorrar una cantidad x, cómo compondrá esa cartera dependerá únicamente de cuánto quiera ahorrar, x, y de su estado laboral, n. Todo hogar que esté en el mismo estado laboral y que quiera ahorrar la misma cantidad, distribuirá sus ahorros entre k y b en las mismas proporciones.

De manera análoga, si se conoce cuánto un hogar ahorra en capital, k, y su estado laboral, n, se deduce cuánto ahorra en activos seguros, b. En otros términos, invirtiendo la correspondencia 13 se consigue la función: $b_t = \kappa^{-1}(k_t, n_t)$. Ver por ejemplo la figura 2.

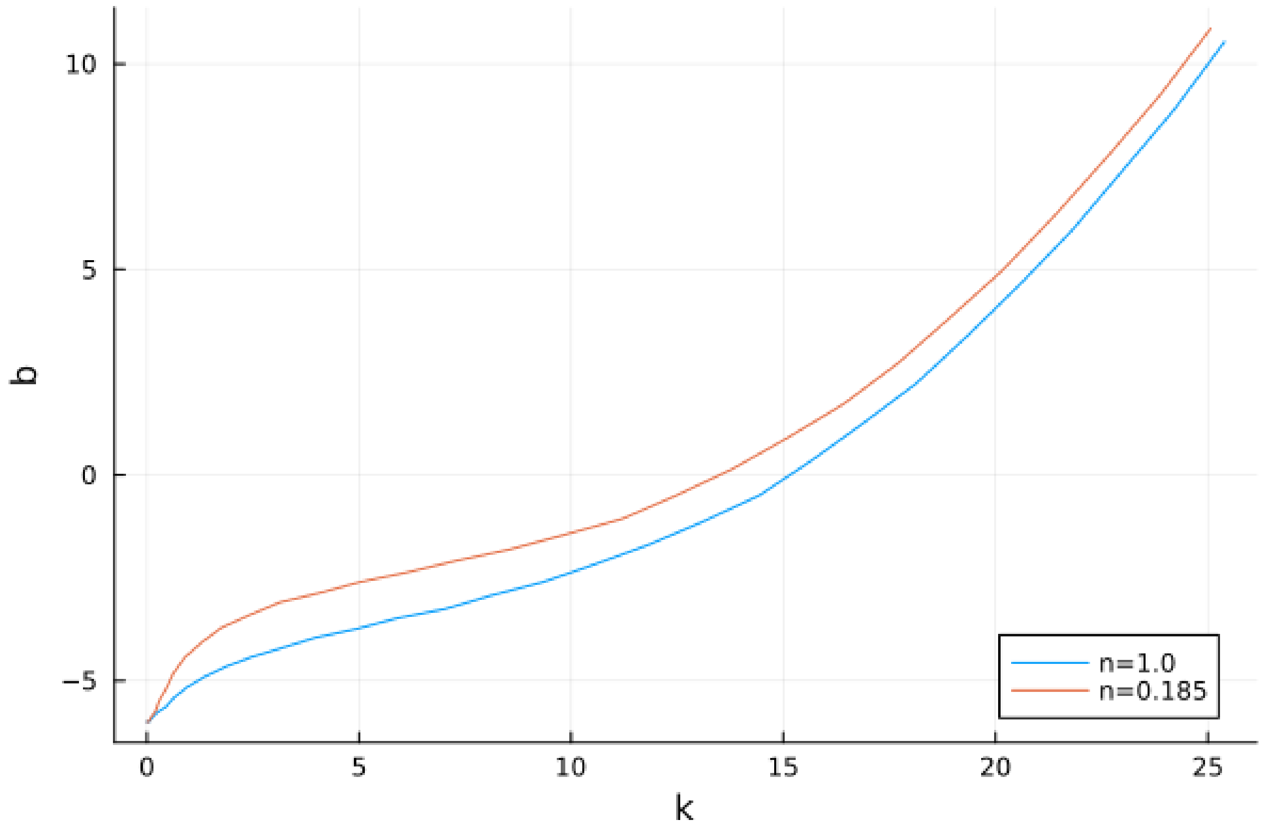

Figura 2: Ejemplo: Composición de cartera: Relación óptima entre k y b.

Lo cual permite, a partir de la función de política, $g_k\big(k_{t-1}, b_{t-1}|n_t, r_t\big)$, redifinirla como $\hat{g}$, tal que

$$k_t = g_k\big(k_{t-1}, \kappa^{-1}(k_{t-1}, n_{t-1})|n_t, r_t\big) \equiv \hat{g}(k_{t-1}, n_{t-1}, n_t, r_t). \tag{14}$$

La cual indica cuánto capital elegirá en el período presente, t, un hogar, si se conoce el estado idiosincrático del presente (n_t y r_t), el stock de capital del período previo y el estado laboral el período previo.

2.4. Equilibrio y Estado Estacionario

Mercado de Capital y Mercado de Bienes Intermedios

El equilibrio del mercado de capital implica $k_{jt} = k_t \ \forall j$ (ver subsección 2.2). Por ende, las empresas de bienes intermedios son ex-ante iguales y su precio óptimo (que quisiesen colocar) será el mismo para todas, $\hat{p}_{jt} = \hat{p}_t \ \forall j$. En consecuencia, habrá dos tipos de precios en la economía en cada período, e.g., en el período t serán $\hat{p}_t$ y $\hat{p}_{t-1}$. Entonces, el nivel general de precios estará dado por una combinación de ambos, conforme a

$$P_t = \Big[\lambda p_t^{*1-\sigma} + (1-\lambda) p^{*1-\sigma}_{t-1}\Big]^{\frac{1}{1-\sigma}}.$$

Del nivel general de precios, se deriva una relación entre el precio relativo óptimo del período actual y el precio relativo óptimo del período anterior,

$$\hat{p}_t = \Big[\frac{1}{\lambda} - \frac{1-\lambda}{\lambda}\big(\frac{\hat{p}_{t-1}}{1+\pi_{t-1}}\big)^{1-\sigma}\Big]^{\frac{1}{1-\sigma}}. \tag{15}$$

Mercado de Trabajo y Mercado del Bien Final

En el mercado de trabajo la oferta agregada es fija e igual a $N = \sum_n nPr_N^*(n)$, mientras que la demanda agregada se compone de la suma de las demandas de trabajo de cada empresa.

La demanda de trabajo individual de una empresa que puede actualizar sus precios es:

$$\hat{l}_t = \Big(\frac{Y_t}{zK_{t-1}^{\eta}\hat{p}_t^{\sigma}}\Big)^{\frac{1}{1-\eta}}.$$

La demanda de trabajo individual de una firma que no actualiza precios es:

$$\check{l}_t = \Big[\frac{Y_t}{zK_{t-1}^{\eta}\hat{p}_{t-1}^{\sigma}}(1+\pi_{t-1})^{\sigma}\Big]^{\frac{1}{1-\eta}}.$$

Por lo tanto, la producción final con equilibrio en los mercados de factores/insumos productivos estará determinada por

$$Y_t = zK_{t-1}^{\eta}N^{1-\eta}\frac{1}{\big[\lambda\hat{p}_t^{\frac{-\sigma}{1-\eta}} + (1-\lambda)\big(\frac{\hat{p}_{t-1}}{1+\pi_{t-1}}\big)^{\frac{-\sigma}{1-\eta}}\big]^{1-\eta}}. \tag{16}$$

El Banco Central

El Banco Central determina la tasa de inflación a π^* de manera constante en el tiempo. Lo que fija la tasa de interés expresada en términos nominales, $i^* = (1+R_f)\times(1+\pi^*) - 1$. Una interpretación alternativa, es que el Banco Central establece una tasa de interés nominal interna i^* con tipo de cambio flotante, que por arbitraje deberá estar en paridad con la tasa internacional real libre de riesgo R_f, por ende la devaluación (i.e., la inflación) cierra la posible brecha.

El capital en estado estacionario

Si el capital K se encuentra en estado estacionario, entonces el resto de la macroeconomía estará en estado estacionario.

Nótese que 15 es una ecuación dinámica de $\hat{p}_t$ y su primer rezago. Como la inflación se encuentra en estado estacionario, existe un punto fijo, $\hat{p}$, dado por

$$\hat{p} = \left[\lambda + (1-\lambda)(1+\pi^*)^{\sigma-1}\right]^{\frac{1}{\sigma-1}}. \tag{17}$$

Luego, por la ecuación 7 tenemos

$$\alpha = \frac{(1-\lambda)\frac{(1+\pi^*)^{\sigma-1}}{1+R_f}}{\lambda + (1-\lambda)\frac{(1+\pi^*)^{\sigma-1}}{1+R_f}}. \tag{18}$$

Incorporando esto a la ecuación 8, obtenemos una ecuación dinámica del salario real w_{t+1} y su rezago. Existe un punto fijo en el salario real, tal que

$$w = \frac{\hat{p}^{\frac{1-\eta+\eta\sigma}{1-\eta}}\rho(1-\eta)z^{\frac{1}{1-\eta}}}{Y^{\frac{\eta}{1-\eta}}[1-\alpha+\alpha(1+\pi^*)^{\frac{1-\eta+\eta\sigma}{1-\eta}}]}K^{\frac{\eta}{1-\eta}}. \tag{19}$$

Por su parte, de la ecuación 16 podemos definir al producto final en función del capital y la inflación como

$$Y = zN^{1-\eta}K^{\eta}\frac{\hat{p}^{\sigma}}{[\lambda + (1-\lambda)\big(1+\pi^*\big)^{\frac{\sigma}{1-\eta}}]^{1-\eta}}. \tag{20}$$

Luego, conforme a la ecuación 6 (que define los beneficios) la ecuación 9 (que define r_t), podemos definir la variable aleatoria r como

$$r = \begin{cases} \hat{r} = \frac{\hat{\Pi}(k,w)}{k} - \delta & \text{con probabilidad } \lambda \\ \check{r} = \frac{\check{\Pi}(k,w)}{k} - \delta & \text{con probabilidad } 1-\lambda. \end{cases} \tag{21}$$

La distribución de activos

La distribución de densidad conjunta $\tilde{f}_t(k,b)$ nos indica cómo se distribuyen los activos (capital y bonos) en la población al inicio del período t.

Según lo dispuesto en la ecuación 13, si se conoce el capital y el estado laboral de un hogar, es posible determinar la cantidad de activos seguros de ese hogar. Lo que permite replantear el problema en términos de la distribución conjunta del capital y el estado laboral $f_t(k,n) = \tilde{f}_t(k, \kappa^{-1}(k,n))$.

En estado estacionario, debe darse que la distribución del capital sea estacionaria, es decir que $f_t = f$ [3]. Para hallar la distribución estacionaria de capital, f, es necesario entender cómo es la

[3]La distribución de probabilidades de la dotación de empleo estacionaria existe y está definida por Pr_N^*. Mientras, que

transición de probabilidades de f_t a f_{t+1} [4], la cual está dada por

$$f_{t+1}(k', n') = \sum_{n} \sum_{r'} \int_{k \in \hat{g}^{-1}(k', n, n', r')} f_t(k, n) Pr_r(r') Pr_N(n'|n) \, \mathrm{d}k,$$

donde $\hat{g}^{-1}$ es la inversa de la función de política, tal que $\hat{g}^{-1}(k', n, n', r') = \{k : k' = \hat{g}(k, n, n', r')\}$. De aquí se puede obtener el punto fijo, f, tal que

$$f(k', n') = \sum_{n} \sum_{z'} \int_{k \in \hat{g}^{-1}(k, n, n', r')} f(k, n) Pr_r(r') Pr_N(n'|n) \, \mathrm{d}k. \tag{22}$$

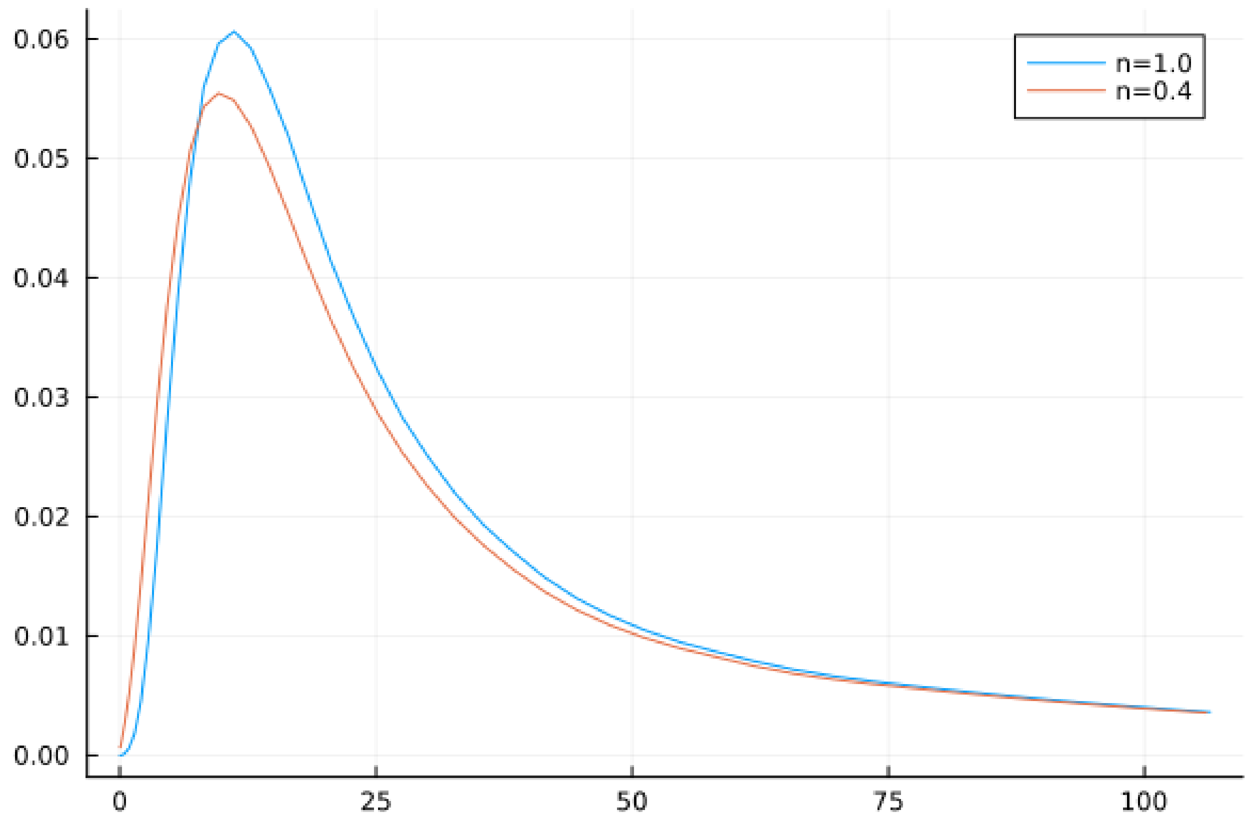

Figura 3: Ejemplo: Distribuciones condicionadas de capital (activo riesgoso).

Y por lo tanto, la distribución estacionaria de activos seguros f_b:

$$f_b(b, n) = \int_{k \in \kappa(k, n)} f_t(k, n).$$

la distribución de probabilidades sobre r es, por definición, estacionaria, con $Pr_r(\hat{r}) \equiv \lambda$ (y por ende $Pr_r(\check{r}) \equiv 1 - \lambda$).

[4] Una pieza central de esta transición es la función de política $k' = \hat{g}(k, n, n', r')$. La cual indica que si un hogar poseía un stock de capital de k y se encontraba en el estado laboral n, y si sucede r' y n', entonces su stock de capital es k'. ¿Cuántos hogares entran en esa descripción? $f_t(k, n)$ hogares tenían (k, n), de los cuales una proporción $Pr_r(r')Pr_N(n'|n)$ reciben el shock laboral n' y el shock de precios r'.

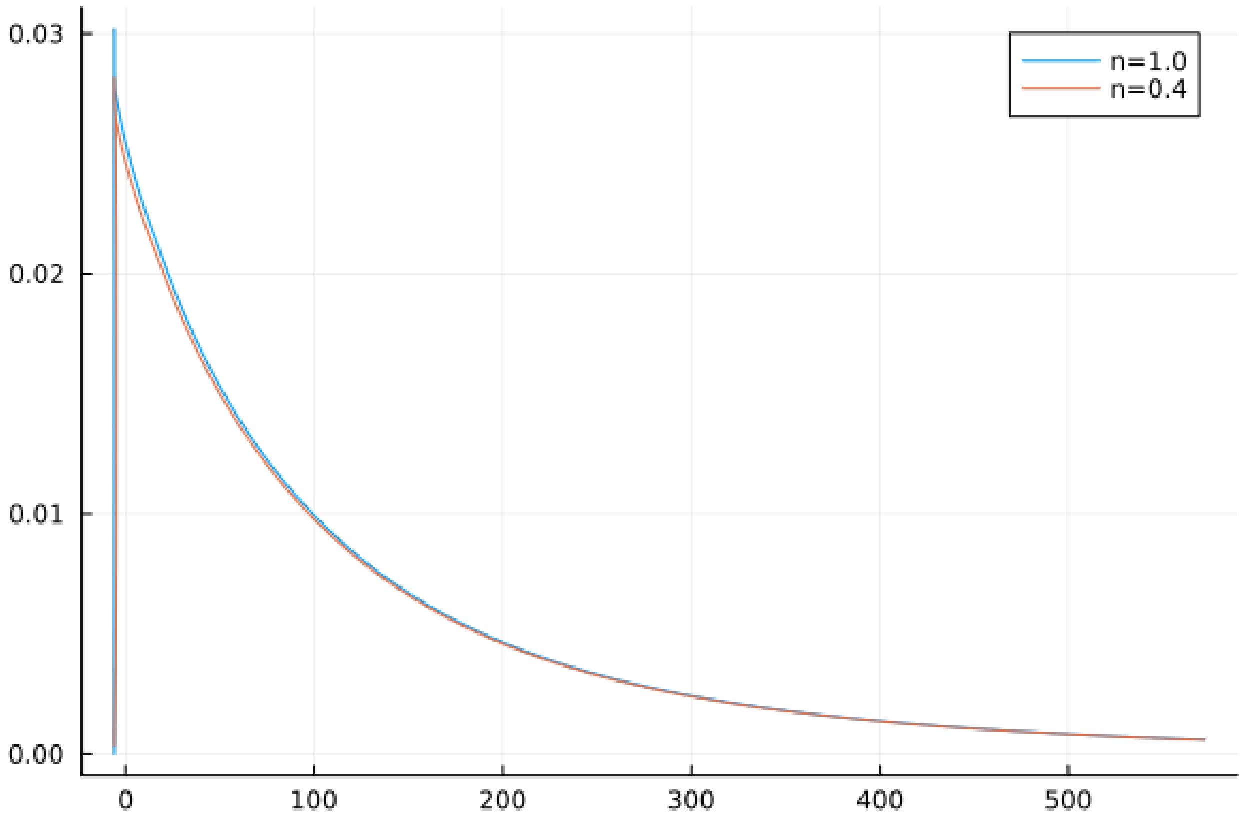

Figura 4: Ejemplo: Distribuciones condicionadas de bonos (activo seguro).

Finalmente, es posible hallar la cantidad agregada de capital y activo seguro:

$$K \equiv \sum_n \int_0^\infty k f(k,n)\, dk \tag{23}$$

$$B \equiv \sum_n \int_0^\infty b f_b(b,n)\, db.$$

Para cerrar, es ilustrativo ver la restricción presupuestaria agregada de los hogares. Siguiendo a (10), tenemos que

$$B \equiv \sum_n \int_0^\infty b f_b(b,n)\, db.$$

Nótese que el stock de bonos en estado estacionario (y en cualquier período) bien puede ser negativo, siempre y que $B_t > \underline{b}$; o positivo.

Por lo que, conforme a la restricción presupuestaria de los hogares (10)

$$Nw + KE(r) - \delta K + BR_f = C + \delta K,$$

o también como

$$Y + B(R_f) = C + Inversin.$$

Nótese que $B(R_f)$ define la cuenta corriente.

Caracterización del Equilibrio en Estado Estacionario

El equilibrio de estado estacionario de este modelo está caracterizado por:

1. La variable aleatoria exógena n caracterizada por sus estados y por su distribución condicionada de probabilidad $Pr_N(n'|n)$, de la que se desprende $Pr^*_N(n)$. Y la probabilidad exógena del shock de precios λ.

2. Las variables exógenas R_f, π y z.

3. Los parámetros γ, β, $\underline{b}$, η, ρ y δ.

4. La correspondencia de política g que resuelve el problema del hogar conforme a 11, cuya forma depende de los precios endógenos w y r, y del precio exógeno R_f.

5. la relación óptima entre k y b dado n, que llamamos κ caracterizada en 13, y la consecuente redefinición de la función de política $\hat{g}$ caracterizada por 14.

6. El salario real w y la renta riesgosa r caracterizados por 19 y 21, que dependen de la variable endógena K (y de las exógenas z, N, π).

7. La distribución estacionaria conjunta de densidad del capital y el estado laboral, $f(k,n)$, que depende de g y de κ, conforme a la ecuación 22.

8. El capital agregado K que depende de la distribución estacionaria f según 23.

Por lo que, dados los puntos 1. 2. y 3. recién mencionados, un equilibrio estacionario para este modelo está dado por un nivel de capital agregado K^*, un salario real w^*, una tasa de retorno al capital aleatoria r^*, un función de política $\hat{g}$, una relación de portfolio óptimo κ y una distribución estacionaria $f(k,n)$, que cumpla las ecuaciones: 19, 21, 11, 13, 14, 22 y 23.

3. Algoritmo y calibración

3.1. Algoritmo

El algoritmo para hallar el equilibrio está basado en Hintermaier y Koeniger (2010), y consiste en proponer un nivel de capital agregado y luego iterar.

Dado el nivel de capital agregado K_m es posible obtener los precios w_m y r_m. Luego, siguiendo a Hintermaier y Koeniger (2010) (quienes extienden el *endogenous gridpoints method* (EGM) de Carroll (2006) para dos activos), se puede obtener una versión discretizada de la función de política $\hat{g_m}$ sobre una grilla para k, como también la versión discretizada de la relación óptima entre capital y bonos κ_m.

Obtenida $\hat{g}_m$, es posible obtener una versión vectorizada de la distribución estacionaria f_m conforme al método de Young (2010). El cual, para este caso implica construir un matriz de transición de probabilidades conforme a la ecuación 22.

De esta manera, dado f_m es posible obtener K_{m+1}. Por lo que podemos emplear un método computacional que permita aproximarnos al punto fijo con una tolerancia $\epsilon > 0$, es decir $K^* = K_M$ tal que $|K_M - K_{M+1}| \leq \epsilon$.

Los parámetros computacionales que requiere estos métodos son:

- X_{max}, el número máximo de la grilla de activos totales, K+B, (Hintermaier y Koeniger, 2010).
- N_X y N_K, los número de puntos de las grillas de activos totales y de capital respectivamente.
- el número máximo de iteraciones del método EGM.
- ϵ, el nivel de tolerancia del método EGM.

Establecí $X_{max} = 200$, $N_X = N_K = 150$, 1000 el número máximo de iteraciones para EGM, y $\epsilon = 10^{-5}$. Utilicé Julia (Bezanson y col., 2017) como lenguaje de programación y aproximé el punto fijo K^* con el método Brent através de la librería Optim.

3.2. Ampliación del riesgo idiosincrático en las empresas

Para que el comportamiento del modelo sea más realista es conveniente añadir más riesgo a las empresas, esto es posible de hacer mediante shocks idiosíncráticos en la productividad total de los factores de cada empresa, es decir convertir a z en una variable aleatoria i.i.d. Entonces defino

$$z = \begin{cases} z_H & \text{con probabilidad } \theta \\ z_L & \text{con probabilidad } 1-\theta, \end{cases} \tag{24}$$

donde $z_H > z_L$ y θ es la probabilidad de que una firma reciba el shock idiosincrático z_H[5]. Además defino

$$\zeta \equiv E\big(z^{-(1-\eta)}\big)^{-(1-\eta)} = \Big[\frac{\theta}{z_H^{1-\eta}} + \frac{1-\theta}{z_L^{1-\eta}}\Big]^{-(1-\eta)} \tag{25}$$

[5]Bien se podría determinar que z sea una variable aleatoria discreta con un mayor número de estados.

Nótese que los cambios en la matemática del modelo son nimios, en primer lugar cambia el equilibrio en el mercado de trabajo, la ecuación 19 del salario de equilibrio estacionario pasa a

$$w = \frac{\hat{p}^{\frac{1-\eta+\eta\sigma}{1-\eta}}\rho(1-\eta)\zeta^{\frac{1}{1-\eta}}}{Y^{\frac{\eta}{1-\eta}}[1-\alpha+\alpha(1+\pi^*)^{\frac{1-\eta+\eta\sigma}{1-\eta}}]}K^{\frac{\eta}{1-\eta}}. \tag{26}$$

A su vez, el ingreso de equilibrio estacionario pasa a

$$Y = \zeta N^{1-\eta}K^{\eta}\frac{\hat{p}^{\sigma}}{[\lambda+(1-\lambda)\big(1+\pi^*\big)^{\frac{\sigma}{1-\eta}}]^{1-\eta}}. \tag{27}$$

Finalmente, reescribimos la variable aleatoria r de estado estacionario (antes definida en la ecuación 21), como:

$$r = \begin{cases} \frac{\hat{\Pi}(k,w,z_H)}{k} - \delta & \text{con probabilidad } \lambda\theta \\ \frac{\hat{\Pi}(k,w,z_L)}{k} - \delta & \text{con probabilidad } \lambda(1-\theta) \\ \frac{\check{\Pi}(k,w,z_H)}{k} - \delta & \text{con probabilidad } (1-\lambda)\theta \\ \frac{\check{\Pi}(k,w,z_L)}{k} - \delta & \text{con probabilidad } (1-\lambda)(1-\theta), \end{cases} \tag{28}$$

donde, por ejemplo, $\hat{\Pi}(k,w,z_H)$ es el beneficio de la firma intermedia de poder colocar el precio óptimo y que su shock idiosincrático de productividad sea z_H.

Asumo $E(z) = 1$ y uso como parámetros a calibrar ζ y σ_z, el desvío de z, que permiten determinar z_H, z_L, y θ.

3.3. Benchmarks

Modelo sin el canal de riesgo de la inflación

Con fines comparativos, a partir de una copia del modelo, modifiqué 28, tal que:

$$r = \begin{cases} \lambda\frac{\hat{\Pi}(k,w,z_H)}{k} + (1-\lambda)\frac{\check{\Pi}(k,w,z_H)}{k} - \delta & \text{con probabilidad } \theta \\ \lambda\frac{\hat{\Pi}(k,w,z_L)}{k} + (1-\lambda)\frac{\check{\Pi}(k,w,z_L)}{k} - \delta & \text{con probabilidad } (1-\theta). \end{cases}$$

El modelo con esta modificación *ad hoc* excluye el riesgo que enfrentan los hogares proveniente de la inflación. Y por lo tanto, permite cuantificar el efecto de este canal.

Capital de la regla de oro de Solow-Swan

Defino al capital de oro como $K_{oro} \equiv \arg\max_K\{Y - \delta K\}$, este sirve como punto de referencia. Si el capital de estado estacionario es mayor que el capital que maximiza el consumo, $K_{ss} > K_{oro}$, entonces *ceteris paribus* es esperable que un disminución en K_{ss} tenga efectos positivos en términos de bienestar en el estado estacionario. Y viceversa en caso contrario. Por lo que constituye un punto de referencia para la calibración del modelo.

Capital con retorno esperado R_f

Otro punto de comparación interesante es capital cuyo retorno esperado es idéntico a la tasa libre de riesgo, i.e., $K_{R_f} : E[r(K_{R_f})] = R_f$. Dado que los hogares son adversos al riesgo, el retorno de un activo riesgoso debe ser mayor que uno seguro, por lo que define una cota superior al capital de estado estacionario, $K_{ss} > K_{R_f}$, útil para el algoritmo del modelo.

Consumo equivalente C_{eq}

Siendo este un modelo de inflación sin dinero no es posible estimar los costos en bienestar de la inflación à la Bailey-Lucas. En cambio, es posible calcular una métrica similar a la del consumo equivalente, C_{eq}, tal que

$$\sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \frac{C_{eq}^{1-\gamma} - 1}{1-\gamma} = V(k_{t-1}, n_{t-1} | n_t, r_t).$$

Es decir utilizando las distribuciones estacionarias y la función de política calculo el bienestar agregado, luego extraigo el nivel de consumo constante que es consistente con ese nivel de bienestar.

Cabe notar que esto difiere de la interpretación tradicional de consumo equivalente; la cual es: cuánto consumo daría el consumidor para moverse de una economía con riesgo de inflación a una economía sin riesgo de inflación. Esta interpretación incluye la ganancia/pérdida de bienestar de la transición entre estados estacionarios. Sin embargo, en el contexto de este trabajo (i.e., de análisis de estados estacionarios) no se estudio esa transición y por lo tanto empleo una noción de consumo equivalente limitada.

3.4. Calibración

Cada período equivale a un trimestre, entonces, por ejemplo, C equivale al consumo per cápita de un trimestre en estado estacionario y $4C$ equivale al consumo per cápita anual.

El modelo gira en torno al estado estacionario y evita analizar las transiciones[6], más aún descansa en la existencia de inflación positiva en el estado estacionario (*trend inflation*). Y Argentina ha presentado estas características, inflación persistente y sostenida durante más de una década, por lo que constituye un buen candidato para calibrar el modelo. Motivo por el cual, calibré el modelo para asemejar algunas de las características de las últimas décadas de su macroeconomía.

Objetivos:

[6] Aunque una extensión conforme a Auclert y col. (2021) permitiría analizar las transiciones.

- Ratio capital producto, $K/4Y = 3$. Siguiendo a Coremberg (2012) el ratio del stock de capital sobre el PIB ha oscilado entre 2.45 y 3.83 durante 1993 a 2010, siendo el promedio temporal de 2.96.

- Tasa de desocupación, $Pr^*(n = u) = 0.087$. Para simplificar y como no es el objetivo principal del modelo, simplifiqué el espacio de estados laborales posibles a dos, que buscan representar ocupados y desocupados. Conforme a la Encuesta Permanente de Hogares (EPH) para el total 31 aglomerados urbanos (INDEC, 2023c), desde el segundo trimestre de 2016 hasta el tercer trimestre de 2023, la tasa de desocupación fue de 8.7 %.

- Ratio del ingreso de los desocupados sobre los ocupados, $u/e = 0.185$. Conforme a la EPH para el total 31 aglomerados urbanos, desde el segundo trimestre de 2016 hasta el tercer trimestre de 2023, el ingreso promedio de los desocupados fue un 18.5 % del total de los ingresos de los ocupados.

- Factor de descuento de la utilidad intertemporal, $\beta = 0.997$. Partiendo de la condición típica $\beta = 1/(1 + R_f^*)$ de modelos de agente representativos, estimé R_f^* como la tasa internacional libre de riesgo conforme al rendimiento promedio de los bonos del Tesoro de los Estados Unidos en un trimestre, el cuál es 0.7 %[7].

- Ratio deuda PIB, $B/4Y = 0.17$. Conforme a la Balanza de Pagos Argentina (INDEC, 2023a) entre 2066 y el tercer trimestre de 2023, la Posición de Inversión Internacional fue de 17 % del PIB.

- Participación de las inversiones, $I/Y = 0.2$. Conforme a las Cuentas Nacionales de Argentina (INDEC, 2023b) la participación de las inversiones respecto al PIB fue en promedio, desde el primer trimestre de 2004 al tercer trimestre de 2023, de 20 %.

- Participación de la masa salarial, $wN/Y = 0.53$. Conforme a la Cuenta de Generación del Ingreso, de las Cuentas Nacionales de Argentina (INDEC, 2023b) la participación de la masa salarial respecto al Valor Agregado Bruto (incluyendo solo el Excedente Bruto de Explotación y la Remuneración al Trabajo Asalariado) fue en promedio, desde el primer trimestre de 2004 al tercer trimestre de 2023, de 53 %.

La Inflación

La inflación Argentina ha mostrado una tendencia positiva, por lo que es difícil argumentar que se encuentra en estado estacionario. Sin embargo, establecí $\pi = 0.1$ (i.e., una inflación del 10 % trimestral o del 46 % anual) como punto de partido de los ejercicios del modelo. Este valor es consistente con la inflación promedio de la última década. Además comparé los resultados contra el modelo con una inflación de $\pi = 0.3$ (i.e., una inflación del 30 % trimestral o del 180 % anual), que es similar a la inflación de 2023.

[7] La tasa libre de riesgo efectiva, R_f, debe ser menor a la tasa implícita por β, R_f^*, debido al ahorro precautorio.

La tasa libre de riesgo

La tasa libre de riesgo, R_f, representa la tasa real libre de riesgo a la que tienen acceso los hogares. Desde un punto de vista práctico pocos activos son seguros en términos reales, pero el que mejor se asemeja a esta característica en Argentina es el dólar, que tiene una tasa de retorno nula. Según la Posición de Inversión Internacional, la posición sistemáticamente acreedora de la Argentina se explica por la enorme tenencia de divisas del sector privado (INDEC, 2023a).

Como punto de partida, calibré el modelo en $R_f = 0.002$ (menor a 0.007, el retorno trimestral promedio de los bonos del tesoro de los Estados Unidos). Luego corrí también el modelo con las siguientes valores de R_f: 0.0 %, 0.1 %, 0.2 %, 0.3 %, 0.4 %, 0.5 % y 0.6 %.

Calibración de los parámetros

Asumo $e = 1$, por lo tanto $u = 0.185$. Asumiendo $Pr(n' = u|n = u) = 0.5$ y conforme a los objetivos es posible calcular la matriz de probabilidades del shock laboral.

Dado los objetivos $I/Y = 0.2$ y $K/4Y = 3$, y de $I \equiv \delta K$, obtengo $\delta = 0.17$.

Parámetro	Valor
ζ	0.88
$Var(z)$	0.02
u	0.185
$Pr(n' = u\|n = u)$ 0.5	
$Pr^*(u)$	8.7 %
ρ	0.9
λ	0.7
η	0.3
δ	1.7 %
b_{min}	-6
γ	5
R_f	0.2 %
π	10 %

Cuadro 1: Calibración de los parámetros del modelo.

Variable Objetivo	Valor Objetivo	Modelo
Capital / PIB	3	3.87
Masa Salarial / PIB	53 %	63 %
Inversión / Ingreso Total	20 %	26 %
Stock de Activos / PIB	17 %	10 %

Cuadro 2: Valores objetivos y resultados del modelo para $R_f = 0.2\,\%$ y $\pi = 10\,\%$

Dados los parámetros ya establecidos, el modelo es incapaz de replicar exactamente $wN/Y =$

0.53 y $K/4Y = 3$, ambos dependen fuertemente de η y de ρ. Calibré $\eta = 0.3$ y $\rho = 0.9$ que en el punto de referencia ($\pi = 0.1$ y $R_f = 0.002$) implican $wN/Y = 0.63$ y $K/4Y = 3.8$.

Finalmente calibré $\zeta = 0.88$, $Var(z) = 0.02$, $\gamma = 5$, $\lambda = 0.7$ y $b_min = -6$ para obtener $B/4Y$ cercano al 17 % y cierto grado de riesgo en el retorno del capital, r.

4. Resultados y conclusiones

4.1. Resultados

El modelo explora los efectos de la inflación por dos canales:

1. efecto-ineficiencia: el canal tradicional en precios à la Calvo, por el cual mayor inflación hace a la producción más ineficiente, i.e., a mismos insumos menos producto. Por lo que, *ceteris paribus*, mayor π implica menor $E(r)$.
2. efecto de la tasa de inflación sobre el riesgo del capital: el canal introducido en el modelo por el cual la inflación aumenta la dispersión entre los beneficios de las empresas y con ello la volatilidad de los retornos de las inversiones de capital por parte de los hogares. Es decir, *ceteris paribus*, mayor π implica mayor $Var(r)$. Para medirlo se uso un modelo sin este efecto (ver subsección 3.3).

Los resultado iniciales del modelo se pueden observar en la Cuadro 3.

efecto riesgo	SI	NO	SI	NO
π	10 %	10 %	30 %	30 %
K	35.7	36.9	20.5	26.0
K_{R_f}	49.4		34.5	
K_{oro}	43.0		29.9	
B	0.9	-2.8	15.8	-3.2
$E(r)$	0.69 %	0.63 %	1.03 %	0.62 %
$se(r)s$	5.36 %	4.26 %	8.83 %	4.24 %
w	1.56	1.58	1.03	1.10
Y	2.30	2.33	1.52	1.63
I	0.61	0.63	0.35	0.44
C	1.70	1.69	1.20	1.18
$Welfare$	30.0	30.1	8.5	11.4
$C_{equivalente}$	1.58	1.59	1.07	1.10
$K/4Y$	3.87	3.97	3.39	3.99
$W/4Y$	63 %	63 %	63 %	63 %
$I/(Y + R_f B)$	26 %	27 %	23 %	27 %
B/Y	10 %	-30 %	260 %	-49 %
$\Delta Y/Y$	-1.0 %		-6.8 %	
$\Delta K/K$	-3.3 %		-20.9 %	
$\Delta(B/4Y)$	41 %		309 %	
$\Delta C/C$	0.5 %		1.8 %	
$\Delta C_{eq}/C_{eq}$	-0.1 %		-2.8 %	

Cuadro 3: Resultados iniciales del modelo para $R_f = 0.2\,\%$.

El primer resultado del modelo, que se evidencia en el Cuadro 3 y que se sostiene para diferentes configuraciones de parámetros, es que la inflación tiene un efecto negativo sobre el stock de capital de estado estacionario del modelo. El efecto ineficiencia de la inflación disminuye los retornos de invertir en capital y el efecto de la inflación sobre el capital aumenta la volatilidad de los mismos; ambos reducen la demanda de capital. En particular, para la calibración propuesta con $R_f = 0.002$, el efecto riesgo de una inflación del 10 % trimestral equivale a una reducción del 3.3 % del nivel de capital de estado estacionario del modelo; mientras que el efecto riesgo de una inflación de 30 % trimestral lo reduce un 20 %.

La consecuencia directa de la disminución del capital es una disminución en la producción de estado estacionario, Y. Añadirle el efecto riesgo a un modelo que no lo tiene resulta en una caída de Y de 1 % para una inflación trimestral de 10 %; y una caída del 7 % si $\pi = 30\,\%$.

El segundo resultado, que se observa en el Cuadro 3 y que se repite para otras combinaciones de parámetros, es que la inflación tiene un efecto muy positivo sobre la demanda de activos seguros, B. Más aún, la principal fuente de este resultado es el efecto de la inflación sobre el riesgo en la inversión en capital. Incluso a pesar de una tasa real de interés muy por debajo de la tasa de impaciencia ($R_f = 0.002 \quad 1/\beta - 1 = 0.007$).

La consecuencia de un elevado stock de bonos es un mayor cobro de intereses, y por lo tanto, mayores ingresos.

Finalmente, el tercer resultado es que hay un efecto ambiguo sobre el consumo agregado, C, y el consumo equivalente, C_{eq}. Habiendo dos efectos contrapuestos sobre el ingreso de los hogares ($Ingreso = \downarrow Y + \uparrow R_f B$) no está claro el sentido del efecto de la inflación sobre el consumo agregado ($C = Ingresos - I$) y el bienestar de los hogares. En el caso del cuadro 3 el efecto total es negativo, pero el efecto sobre el riesgo en el capital es positivo.

A pesar que el efecto de la tasa de inflación sobre el riesgo del capital aumenta el consumo agregado disminuye el bienestar. Si $\pi = 10\,\%$, incorporar este efecto provoca una caída del bienestar equivalente a una disminución del consumo en $0.14\,\%$. Si $\pi = 30\,\%$, añadir este efecto implica una reducción en C_{eq} de $2.8\,\%$.

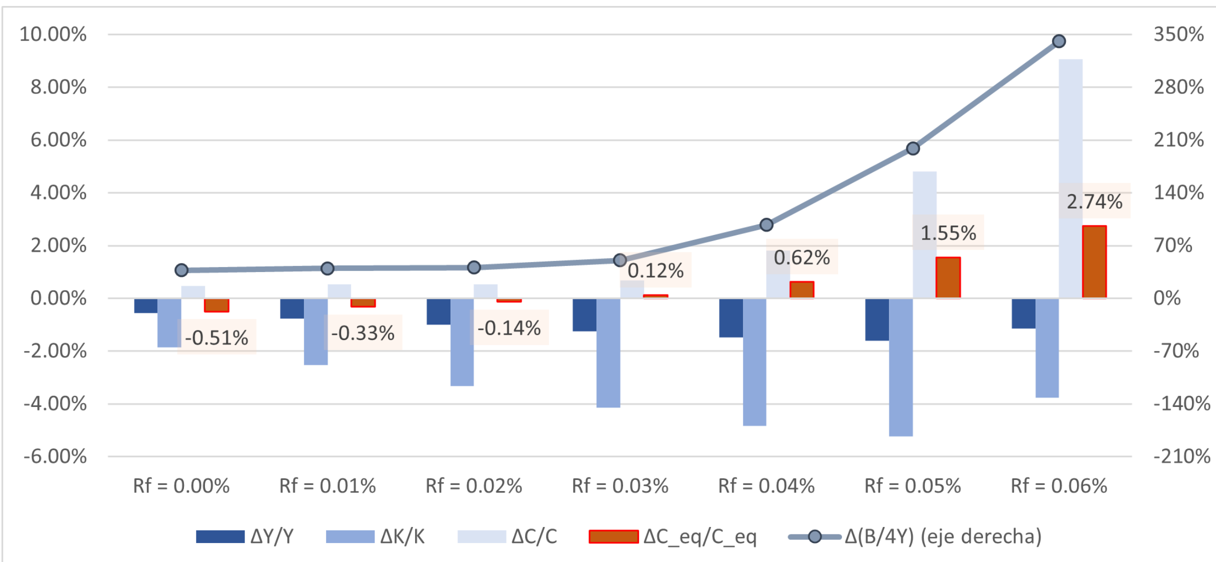

Figura 5: Efecto riesgo y R_f, cuando $\pi = 10\,\%$.
Eje izqu.: variación relativas de Y, K, C y C_{eq}; eje der.: variación absoluta del ratio $B/(4Y)$.

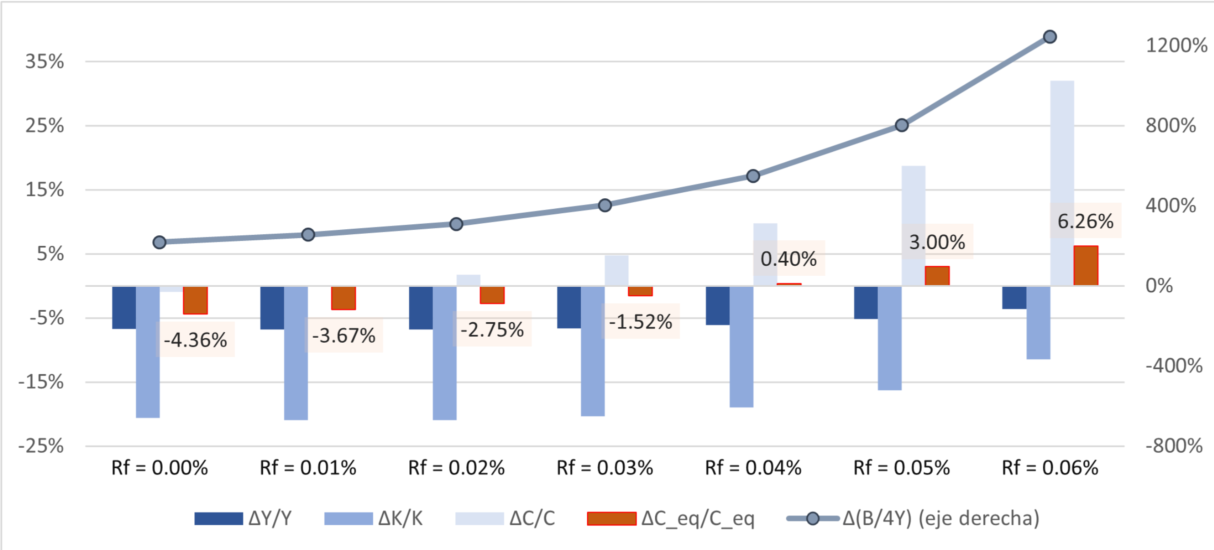

Figura 6: Efecto riesgo y R_f, cuando $\pi = 30\,\%$.
Eje izq.: variación relativas de Y, K, C y C_{eq}; eje der.: variación absoluta del ratio $B/(4Y)$.

Las figuras 5 y 6 muestran las consecuencias del efecto de la inflación en el capital sobre el producto, Y, el stock de capital, K, el consumo, C, el consumo equivalente C_{eq} y el ratio bonos-producto $B/(4Y)$ ante distintas tasas de interés reales libres de riesgo, R_f. Es decir, los gráficos comparan el modelo con el efecto de la tasa de inflación sobre el riesgo de la inversión en capital y sin el mismo; y muestra las diferencia en ciertas variables seleccionadas. Por ejemplo, cuando la inflación trimestral es $10\,\%$ y la tasa libre de riesgo es $0.2\,\%$, entonces incorporar el efecto de la inflación sobre el riesgo del capital al modelo disminuye el producto en $1\,\%$, disminuye el stock de capital en $3\,\%$, aumenta el stock de bonos desde -$30\,\%$ del producto a $10\,\%$ del producto, incrementa el consumo agregado en $0.5\,\%$, pero reduce el consumo equivalente en $0.1\,\%$. En términos generales, cuanto mayor es la inflación, mayor es el efecto de la inflación sobre el riesgo del capital, i.e., incrementa la magnitud de las variaciones de las variables agregadas y empeora el bienestar. Y cuanto menor es la tasa de interés mayores son las consecuencias negativas sobre el bienestar de este efecto. Incluso cuando la tasa de interés es nula, $R_f = 0$, este efecto sobre B es positivo; y si $\pi = 0.3$ entonces, $B/4Y = 141\,\%$.

Cabe recordar, que el modelo no cuantifica los costos de bienestar de la transición, sino que hace estática comprada entre estados estacionarios. Alcanzar un nivel más elevado del stock de bonos requiere un aumento en el ahorro de los hogares que hace suponer que existen tales costos y son significativos.

El ratio entre B (activos seguros) y $4Y$ (producción anualizada) es muy sensible al efecto de la inflación sobre el riesgo del capital y a la tasa de interés. Por ejemplo, en el extremo, incorporar el efecto de la inflación sobre el riesgo del capital si $\pi = 0.3$ y $R_f = 0.006$ implica que el stock de bonos del modelo en términos del modelo aumente en 1246 p.p. (de $497\,\%$ a $1743\,\%$). En consecuencia, cuando la inflación y la tasa son altas, este efecto explica una abrumadora mayoría de las tenencias de activos seguros.

La evidencia empírica sugiere que los países con mayor inflación suelen tener un menor retorno real de bonos seguros locales y mayores controles de capitales. Por un lado, Du, Im y Schreger (2018) analizan la paridad cubierta de tasas de interés para un panel de países y, controlando por el riesgo, cuantifican la prima entre los retornos de los bonos de los distinto gobiernos contra los retornos de los bonos del tesoro de los Estados Unidos. Usando estos datos de panel y datos de inflación (Ha, Kose y Ohnsorge, 2023) es posible observar una correlación significativa y positiva entre la inflación y el nivel de desvío respecto a la tasa de interés internacional. Por otro lado, Uribe y col. (2016) construyen una base de datos para un panel de 98 países a lo largo de 16 años con indicadores anuales que reflejan la severidad de los controles de capitales impuestos en cada Nación. Al cruzar esta información con datos de inflación (Ha, Kose y Ohnsorge, 2023) se observa una correlación positiva entre inflación y controles de capitales. En resumen, los países con elevada inflación no suelen tener acceso a una tasa libre de riesgo equivalente al rendimiento de los bonos del tesoro de EE.UU., sino menor; además, los países con elevada inflación suelen imponer controles de capitales más estrictos.

Esta evidencia y los resultados del modelo sugieren una hipótesis, ante un elevado nivel de inflación habrá una gran demanda de activos seguros, lo cual conlleva un fuerte aumento en la demanda de divisas. Es posible imaginar razones por las cuales los gobiernos decidan frenar el aumento de la demanda de divisas (e.g., costos de transición por el aumento del ahorro y la caída del consumo, devaluación del tipo de cambio y del salario, etc.), entonces sería natural suponer mayores controles de capitales y costos al el rendimiento de estos activos, en términos de este modelo, una reducción de R_f.

Además, las figuras 5 y 6 muestran que el sentido del efecto de la inflación en el riesgo del capital sobre el bienestar depende de la tasa de interés. Una tasa de interés elevada permite un fuerte aumento del consumo agregado debido a mayores ingresos, y sobrepasa cualquier efecto sobre la varianza y la asimetría del consumo entre los hogares. Por el contrario, si la tasa de interés es baja, el efecto sobre el consumo agregado es -mayormente- positivo, pero chico; lo cual no alcanza para compensar el efecto negativo del aumento de la variabilidad de los ingresos culminando en una caída del bienestar.

4.2. Conclusión

Desarrollé un modelo macroeconómico que cuantifica el efecto de la tasa de inflación sobre el riesgo de las inversiones de capital (i.e., la inflación aumenta la dispersión de precios relativos, lo que se traduce en un aumento de la dispersión en los beneficios de las empresas, entonces aumenta el riesgo de las inversiones de capital de los hogares). Tras calibrarlo conforme a los datos de Argentina, encontré que este efecto tiene consecuencias significativas en la selección de cartera de los hogares, estas consecuencias no son capturadas por el efecto ineficiencia propio de los modelos tradicionales con fricciones de precios. Por medio de este canal, la inflación genera un aumento en la demanda de activos seguros (bonos) y una caída de la demanda de capital. Este fenómeno se mantiene incluso si la tasa real de interés de los bonos es nula.

Este modelo expone otra vía por la cual la inflación reduce aún más la producción en estado estacionario, el efecto de la inflación sobre el riesgo del capital. Lo cual enfatiza las consecuencias negativas de la inflación en el largo plazo.

Apéndice

A. Precios à la Rotemberg

Una alternativa a la variante de Calvo, consiste en partir del modelo de Rotemberg (1982), quien asume que la empresa monopolística enfrenta un costo cuadrático de ajustar los precios nominales

$$c_{jt}^R = \frac{\phi}{2}\Big(\frac{p_{jt}}{p_{jt-1}} - 1\Big)^2 Y_t,$$

donde $\phi > 0$ determina el grado de rigidez nominal. En este modelo, todas la empresas enfrentan el mismo problema por lo que colocarán el mismo precio. Sin embargo, esto implica que en equilibrio todas tendrán el mismo beneficio.

Modificar el modelo tal que haya distintos beneficios asociados a la inflación y continúe siendo manejable es posible con la siguiente especificación de los costos de menú:

$$c_{jt}^R = \frac{\phi_{jt}}{2}\Big(\frac{p_{jt}}{p_{jt-1}} - 1\Big)^2 Y_t,$$

donde ϕ_{jt} es un costo de menú idiosincrático aleatorio i.i.d. que se realiza luego de que se coloque el precio. Por ejemplo,

$$\phi_{jt} = \begin{cases} \hat{\phi} & \text{con prob. } \lambda \\ \check{\phi} & \text{con prob. } 1-\lambda \end{cases}$$

donde $\hat{\phi} > \check{\phi}$. Como las empresas son neutrales al riesgo, maximizan beneficios en función de $E(\phi_{jt})$. Por lo que todas enfrentarán el mismo problema al inicio del período, y hallarán la misma solución, i.e., habrá un precio único. Sin embargo, posterior a la colocación del precio, al final del período, se realiza ϕ_{jt} y el beneficio de las empresas varía.

Esta configuración en el lado de la producción también permitiría conectar el nivel de inflación con la volatilidad de los beneficios de las empresas.

Referencias

Ascari, Guido. «Staggered prices and trend inflation: some nuisances». En: *Review of Economic Dynamics* 7.3 (2004), págs. 642-667. ISSN: 1094-2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.red.2004.01.002. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1094202504000158.

Ascari, Guido, Efrem Castelnuovo y Lorenza Rossi. «Calvo vs. Rotemberg in a trend inflation world: An empirical investigation». En: *Journal of Economic Dynamics and Control* 35.11 (2011), págs. 1852-1867. ISSN: 0165-1889. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jedc.2011.06.002. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165188911001084.

Auclert, Adrien y col. «Using the Sequence-Space Jacobian to Solve and Estimate Heterogeneous-Agent Models». En: *Econometrica* 89.5 (2021), págs. 2375-2408. DOI: https://doi.org/10.3982/ECTA17434. eprint: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.3982/ECTA17434. URL: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.3982/ECTA17434.

Barro, R.J. «Inflation and growth». En: *Federal Reserve Bank of St. Louis Review* May/June (1996), págs. 153-169.

Bezanson, Jeff y col. «Julia: A Fresh Approach to Numerical Computing». En: *SIAM Review* 59.1 (2017), págs. 65-98. DOI: 10.1137/141000671. eprint: https://doi.org/10.1137/141000671. URL: https://doi.org/10.1137/141000671.

Boyd, John H., Ross Levine y Bruce D. Smith. «The impact of inflation on financial sector performance». English (US). En: *Journal of Monetary Economics* 47.2 (abr. de 2001). Copyright: Copyright 2005 Elsevier Science B.V., Amsterdam. All rights reserved., págs. 221-248. ISSN: 0304-3932. DOI: 10.1016/S0304-3932(01)00049-6.

Burdisso, Tamara, Eduardo Corso y Sebatian Katz. «UN EFECTO TOBIN "PERVERSO": DISRUPCIONES MONETARIAS Y FINANCIERAS Y COMPOSICIÓN ÓPTIMA DEL PORTAFOLIO EN ARGENTINA». En: *Desarrollo Económico* 53.209/210 (2013), págs. 75-112. ISSN: 0046001X. URL: http://www.jstor.org/stable/43748224 (visitado 16-02-2024).

Calvo, Guillermo A. «Staggered Prices in a Utility-Maximizing Framework». En: *Journal of Monetary Economics* 12.3 (1983), págs. 383-398. DOI: 10.1016/0304-3932(83)90060-0.

Carroll, Christopher D. «The method of endogenous gridpoints for solving dynamic stochastic optimization problems». En: *Economics Letters* 91.3 (2006), págs. 312-320. ISSN: 0165-1765. DOI: https://doi.org/10.1016/j.econlet.2005.09.013. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165176505003368.

Chiang, Thomas C. «Stock returns and inflation expectations: Evidence from 20 major countries». En: *Quantitative Finance and Economics* 7.4 (2023), págs. 538-568. DOI: 10.3934/QFE.2023027. URL: https://www.aimspress.com/article/doi/10.3934/QFE.2023027.

Choi, S., Bruce D. Smith y John H. Boyd. «Inflation, financial markets, and capital formation». En: *Federal Reserve Bank of St. Louis Review* May/June (1996), págs. 9-35.

Christiano, Lawrence J, Martin Eichenbaum y Charles Evans. *Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy*. Working Paper 8403. National Bureau of Economic Research, jul. de 2001. DOI: 10.3386/w8403. URL: http://www.nber.org/papers/w8403.

Coremberg, Ariel. «THE ARKLEMS+LAND Database: MEASURING PRODUCTIVITY IN UNSTABLE AND NATURAL RESOURCES DEPENDENT ECONOMIES: ARGENTINA». En: *Second World KLEMS Conference Harvard University Cambridge, Massachusetts, August 9-10, 2012* (2012). URL: https://arklems.files.wordpress.com/2011/05/paper-wordklems.pdf.

Daal, Elton, Atsuyuki Naka y Benito Sanchez. «Re-examining inflation and inflation uncertainty in developed and emerging countries». En: *Economics Letters* 89.2 (2005), págs. 180-186. ISSN: 0165-1765. DOI: https://doi.org/10.1016/j.econlet.2005.05.024. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165176505002089.

Dabús, Carlos. «Inflationary regimes and relative price variability: evidence from Argentina». En: *Journal of Development Economics* 62.2 (2000), págs. 535-547. ISSN: 0304-3878. DOI: https://doi.org/10.1016/S0304-3878(00)00096-1. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304387800000961.

De Gregorio, José y Federico Sturzenegger. «Financial markets and inflation under imperfect information». En: *Journal of Development Economics* 54.1 (1997). 8th Interamerican Seminar on Economics, págs. 149-168. ISSN: 0304-3878. DOI: https://doi.org/10.1016/S0304-3878(97)00033-3. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304387897000333.

Dotsey, Michael y Pierre Daniel Sarte. «Inflation uncertainty and growth in a cash-in-advance economy». En: *Journal of Monetary Economics* 45.3 (2000), págs. 631-655. ISSN: 0304-3932. DOI: https://doi.org/10.1016/S0304-3932(00)00005-2. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304393200000052.

Du, Wenxin, Joanne Im y Jesse Schreger. «The U.S. Treasury Premium». En: *Journal of International Economics* 112 (2018), págs. 167-181. ISSN: 0022-1996. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2018.01.001. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022199618300011.

Evans, David S. y Boyan Jovanovic. «An Estimated Model of Entrepreneurial Choice under Liquidity Constraints». En: *Journal of Political Economy* 97.4 (1989), págs. 808-827. ISSN: 00223808, 1537534X. URL: http://www.jstor.org/stable/1832192 (visitado 08-01-2024).

Friedman, Milton. *Inflation and Unemployment*. Nobel Lecture. 1976. URL: https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/friedman-lecture-1.pdf.

Grier, Kevin B. y Mark J. Perry. «On inflation and inflation uncertainty in the G7 countries». En: *Journal of International Money and Finance* 17.4 (1998), págs. 671-689. ISSN: 0261-5606. DOI: https://doi.org/10.1016/S0261-5606(98)00023-0. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261560698000230.

Ha, Jongrim, M. Ayhan Kose y Franziska Ohnsorge. «One-stop source: A global database of inflation». En: *Journal of International Money and Finance* 137 (2023), pág. 102896. ISSN: 0261-5606.

DOI: https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2023.102896. URL: https://www.worldbank.org/en/research/brief/inflation-database.

Hintermaier, Thomas y Winfried Koeniger. «The method of endogenous gridpoints with occasionally binding constraints among endogenous variables». En: *Journal of Economic Dynamics and Control* 34.10 (2010), págs. 2074-2088. ISSN: 0165-1889. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jedc.2010.05.002. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165188910000928.

INDEC, Instituto Nacional De Estadísticas y Censos. *Balanza de Pagos*. http://www.indec.gob.ar/. [Online; Descargado 12-Diciembre-2023]. 2023.

— *Cuentas Nacionales*. http://www.indec.gob.ar/. [Online; Descargado 12-Diciembre-2023]. 2023.

— *Encuesta Permanente de Hogares (EPH)*. http://www.indec.gob.ar/. [Online; Descargado 12-Diciembre-2023]. 2023.

Parsley, David C. «Inflation and Relative Price Variability in the Short and Long Run: New Evidence from the United States». En: *Journal of Money, Credit and Banking* 28.3 (1996), págs. 323-341. ISSN: 00222879, 15384616. URL: http://www.jstor.org/stable/2077978 (visitado 15-02-2024).

Quadrini, Vincenzo. «Entrepreneurship in macroeconomics». En: *Annals of Finance* 5.3 (2009), págs. 295-311. URL: https://EconPapers.repec.org/RePEc:kap:annfin:v:5:y:2009:i:3:p:295-311.

— «Entrepreneurship, Saving, and Social Mobility». En: *Review of Economic Dynamics* 3.1 (2000), págs. 1-40. ISSN: 1094-2025. DOI: https://doi.org/10.1006/redy.1999.0077. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1094202599900777.

Rotemberg, Julio J. «Nominal Price Rigidity, Money Supply Endogeneity, and Business Cycles». En: *Journal of Political Economy* 90.6 (1982), págs. 1187-1211. URL: https://www.jstor.org/stable/1830944.

Smith, R. Todd y Henry van Egteren. «Inflation, investment and economic performance: The role of internal financing». En: *European Economic Review* 49.5 (2005), págs. 1283-1303. ISSN: 0014-2921. DOI: https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2003.11.007. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0014292103001570.

Tobin, James. «Money and Economic Growth». En: *Econometrica* 33.4 (1965), págs. 671-684. ISSN: 00129682, 14680262. URL: http://www.jstor.org/stable/1910352 (visitado 16-02-2024).

Uribe, Martín y col. «Capital Control Measures: A New Dataset». En: *IMF Economic Review* 64.3 (2016), págs. 548-574. ISSN: 20414161, 2041417X. URL: http://www.jstor.org/stable/45212119 (visitado 30-01-2024).

Van Hoomissen, T. «Price dispersion and inflation: evidence from Israel». En: *J. Polit. Econ.* 96.6 (1988), págs. 1303-1314.

Young, Eric R. «Solving the incomplete markets model with aggregate uncertainty using the KrusellSmith algorithm and non-stochastic simulations». En: *Journal of Economic Dynamics and Control* 34.1 (2010). Computational Suite of Models with Heterogeneous Agents: Incomplete

Markets and Aggregate Uncertainty, págs. 36-41. ISSN: 0165-1889. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jedc.2008.11.010. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165188909001316.