

Reservas internacionales en modelos de deuda soberana*

International reserves in models of sovereign debt

Agustin Samano
Banco Mundial

Resumen

Este artículo estudia y contrasta dos formas de introducir la posibilidad de acumular reservas internacionales en un modelo de deuda soberana. Por un lado, se describe a detalle el modelo, la calibración y los resultados de Samano (2021), el cual muestra un banco central independiente que acumula reservas internacionales para contrarrestar la acumulación de deuda del Gobierno. Por otro lado, se explica cómo al cambiar el valor de un solo parámetro en el modelo de Samano (2021) se puede obtener un modelo equivalente al presentado en Alfaro y Kanczuk (2009), el cual es el punto de partida natural para estudiar la acumulación de reservas en modelos de deuda soberana. Cuantitativamente, se compara el funcionamiento de ambos modelos y se explica a detalle el mecanismo que le permite a Samano (2021) racionalizar niveles cercanos a los observados de deuda y reservas, en contraste con Alfaro y Kanczuk (2009). En contraste con Samano (2021), en este artículo se calibra el modelo para la economía argentina y se asume que el banco central es tan paciente como el resto del mundo. El resultado principal es que el nivel de reservas que racionaliza el modelo (21,7%) es tres veces mayor al observado en Argentina de 1993 a 2017. Este ejercicio cuantitativo nos brinda un contrafactual del nivel de reservas observado en caso de que el banco central fuera totalmente aislado de presiones políticas.

Palabras clave: reservas internacionales, deuda soberana, banco central independiente.

Clasificación JEL: E58, F32, F34, F41.

Abstract

This article studies and compares two ways of introducing the possibility of international reserves accumulation in a model of sovereign debt. I describe in detail the model, the calibration procedure and the results of Samano (2021), a paper that features an independent central bank that accumulates international reserves to offset government debt accumulation. I explain that a change in value of a sole parameter in the model of Samano (2021) allows to obtain an equivalent model to the one found in Alfaro y Kanczuk (2009), a model that constitutes a natural starting point to study reserves accumulation in models of sovereign debt. Quantitatively, I compare the working of both models and explain in detail the mechanism that allows Samano (2021) to rationalize similar levels to the ones observed in real-world data in debt and reserves, unlike Alfaro y Kanczuk (2009). In this paper, I calibrate the model for the Argentinian economy, assuming that the central bank is as patient as the rest of the world. The main result is that the level of reserves that rationalizes the model (21.7%) is three times higher than the one observed in Argentina from 1993 to 2017. This quantitative model provides a counterfactual of the level of observed reserves in a scenario in which the central bank would be completely isolated from political pressure.

Keywords: international reserves, sovereign debt, independent central bank.

* Este artículo presenta una versión modificada del primer capítulo de la tesis doctoral del autor, quien desea agradecer a Manuel Amador, Javier Bianchi y Tim Kehoe su valiosa mentoría. También desea agradecer los comentarios y sugerencias de dos dictaminadores anónimos, ya que han permitido mejorar este artículo. Los hallazgos, las interpretaciones y las conclusiones expresadas en este artículo son exclusivas del autor. Estos no reflejan necesariamente la opinión del Banco Mundial, de sus directivos o de los Gobiernos a los que representa. Todos los errores son responsabilidad del autor.

1. Introducción

Los modelos de deuda soberana con mercados incompletos –Eaton y Gersovitz (1981), Aguiar y Gopinath (2006) y Arellano (2008)– son un punto de partida natural para estudiar los motivos que llevan a algunos países a incumplir con el pago de su deuda, así como para analizar el comportamiento del riesgo soberano a través del tiempo. Sin embargo, estos modelos también pueden utilizarse para estudiar los motivos por los cuales economías emergentes, que pagan altas tasas de interés debido al riesgo soberano, prefieren acumular reservas internacionales que pagan bajas tasas de interés, en lugar de utilizar las reservas para liquidar su deuda¹. Al introducir un activo libre de riesgo en un modelo de deuda soberana, es posible estudiar de manera endógena las dinámicas conjuntas del riesgo soberano, la deuda soberana y las reservas internacionales; así como cuantificar el efecto de la acumulación de reservas internacionales sobre el bienestar social.

Este artículo estudia y contrasta dos formas de introducir la posibilidad de acumular reservas internacionales en un modelo de deuda soberana a lo Arellano (2008). En primer lugar, se describe a detalle el modelo, la calibración y los resultados principales de Samano (2021), el cual estudia la acumulación de reservas internacionales en una economía con un banco central independiente en donde no existe coordinación perfecta entre el Gobierno y el banco central. En segundo lugar, se explica cómo al cambiar el valor de un solo parámetro en el modelo de Samano (2021), se puede obtener un modelo equivalente al presentado en Alfaro y Kanczuk (2009), el cual fue el primer artículo en utilizar un modelo de deuda soberana para estudiar la acumulación de reservas en economías emergentes². En tercer lugar, se compara el funcionamiento cuantitativo de ambos modelos y se explica a detalle el mecanismo que le permite a Samano (2021) racionalizar niveles de deuda y reservas cercanos a los observados, en contraste con Alfaro y Kanczuk (2009). Finalmente, se contrastan ambos modelos para cuantificar las implicaciones en bienestar social de tener un banco central independiente que puede acumular reservas internacionales.

Samano (2021) introduce un banco central independiente que puede acumular reservas en un modelo de deuda soberana a lo Arellano (2008). En este modelo, Gobierno y banco central tienen como función objetivo maximizar la utilidad de los hogares, pero difieren en su factor de descuento. En particular, Samano (2021) asume que el banco central es más paciente que el Gobierno para introducir la idea de que un banco central puede ser aislado de presiones y ciclos políticos a través de su independencia³.

¹ El debate en torno a la acumulación de reservas internacionales en economías emergentes existe tanto en el ámbito académico como en el político. En el ámbito académico, véase Samano (2021) para una revisión exhaustiva de la literatura. En el ámbito político, el caso de Argentina en 2010, cuando la presidenta Cristina Fernández de Kirchner anunció un plan para usar las reservas internacionales para pagar la deuda pública y este fue rechazado por el entonces presidente del Banco Central Martín Redrado, ilustra claramente el debate sobre la conveniencia de mantener niveles positivos de reservas internacionales.

² Alfaro y Kanczuk (2009) asumen implícitamente coordinación perfecta entre el Gobierno y el banco central al suponer que el Gobierno elige simultáneamente los niveles de deuda y reservas de la economía.

³ Grilli *et al.* (1991) y Walsh (2003).

Esta diferencia en el factor de descuento induce un desacuerdo entre el Gobierno y el banco central sobre la senda de consumo de los hogares. Por un lado, el Gobierno prefiere incrementar el consumo presente y emitir más deuda de la que es socialmente óptima. Por otro lado, el banco central prefiere acumular reservas internacionales y reducir el costo social del endeudamiento público excesivo⁴. El principal hallazgo de Samano (2021) es que la capacidad del banco central para disciplinar la deuda neta de la economía a partir de la acumulación de reservas depende de que el Gobierno enfrente tasas de interés crecientes en la emisión de deuda. De lo contrario, el Gobierno sería capaz de emitir más deuda para cualquier nivel de reservas y, por tanto, el banco central no tendría ningún control sobre la posición financiera neta de la economía.

El modelo es resuelto numéricamente para evaluar sus predicciones con respecto a los niveles de reservas internacionales, deuda pública y *spreads* soberanos. En contraste con Samano (2021), para la calibración se utilizaron datos de la economía argentina, debido a que el objetivo es obtener un contrafactual del nivel de reservas observado en caso de que el Banco Central argentino estuviera completamente aislado de presiones políticas. En general, se replicó la estrategia de calibración con excepción del factor de descuento del banco central⁵. A diferencia de Samano (2021), este artículo asume que el banco central y los hogares son tan pacientes como el resto del mundo. La principal implicación de asumir un banco central tan paciente como el resto del mundo es que el modelo racionaliza un nivel de reservas igual al 21,7 % del PIB, lo cual es más de tres veces superior al nivel promedio observado en Argentina de 1993 a 2017 (6,9 % del PIB). Este resultado puede interpretarse como el nivel de reservas que elegiría un banco central completamente aislado de presiones políticas, mientras que la estrategia de calibración en Samano (2021) sugiere que el banco central sigue influenciado por la coyuntura aun cuando es independiente.

Dado que la acumulación de reservas en Samano (2021) se explica, principalmente, por los diferentes factores de descuento del Gobierno y del banco central, resulta interesante estudiar las implicaciones de relajar este supuesto. En particular, en este artículo se exploran dos alternativas al supuesto de que el Gobierno es más impaciente que el banco central. En primer lugar, se asume que el banco central es tan impaciente como el Gobierno y se muestra que, bajo este supuesto, el modelo es equivalente al presentado en Alfaro y Kanczuk (2009). En segundo lugar, se asume que tanto Gobierno como banco central son tan pacientes como los hogares, lo cual es equivalente a suponer un planificador central que elige óptimamente los niveles de deuda y reservas de la economía. Al realizar estos ejercicios de manera cuantitativa, y contrastarlos con Samano (2021), encontramos que tener un banco central independiente en una economía con un Gobierno impaciente incrementa el bienestar social en 0,78 %, mientras que tener un planificador central benevolente, en lugar de un Gobierno impaciente, incrementa el bienestar social en 2,08 %.

⁴ Aguiar *et al.* (2020) identifican y cuantifican el costo social del gasto público excesivo que resulta de un Gobierno impaciente que emite más deuda de la que es socialmente óptima.

⁵ Samano (2021) calibra el factor de descuento del banco central aproximando la tasa de interés promedio del mercado monetario doméstico.

Alfaro y Kanczuk (2009) resultan un punto de referencia natural, ya que los estudios previos sobre acumulación de reservas internacionales tomaban como dado el nivel de deuda soberana, lo cual impedía estudiar los incentivos para acumular reservas en lugar de liquidar la deuda. Para estudiar la acumulación conjunta de reservas internacionales y deuda pública, Alfaro y Kanczuk (2009) extienden el modelo de Arellano (2008) agregando la posibilidad de que el Gobierno acumule un activo libre de riesgo por motivos precautorios (*i.e.*, la posibilidad de suavizar el consumo ante un choque negativo al ingreso). Su principal hallazgo es que, cuantitativamente, el motivo precautorio no es suficiente para racionalizar los niveles de reservas internacionales observados en economías emergentes. En otras palabras, Alfaro y Kanczuk (2009) muestran que un modelo de deuda soberana a lo Arellano (2008) no puede racionalizar simultáneamente niveles de reservas y deuda observados en economías emergentes⁶. Este resultado se explica por el hecho de que ambos instrumentos financieros, deuda y reservas, maduran en un periodo y, por tanto, la política de autoseguro ante un choque negativo en el ingreso viene de la posibilidad de incumplir con el pago de la deuda y no de suavizar consumo con el uso de las reservas. La subsección 3.3 explora a detalle el mecanismo que explica este resultado y lo contrasta con el modelo de Samano (2021).

El resto del artículo se estructura de la siguiente manera. La sección 2 presenta el modelo, la calibración y los resultados principales de Samano (2021). La sección 3 describe los paralelismos, compara el funcionamiento cuantitativo y explica el mecanismo de Samano (2021) en contraste con Alfaro y Kanczuk (2009). La sección 4 concluye este artículo.

2. Samano (2021)

Esta sección describe, calibra y presenta los principales resultados de un modelo dinámico para una economía pequeña y abierta, en donde los hogares reciben una dotación estocástica, el Gobierno emite deuda no contingente y el banco central puede acumular un activo libre de riesgo. El modelo extiende Arellano (2008) agregando un banco central que acumula reservas internacionales.

2.1. Detalles del modelo

Dotaciones. El tiempo es discreto y representado por $t \in \{0, 1, \dots\}$. Las dotaciones del único bien comerciable de la economía están representadas por $y \in \mathfrak{R}_{++}$. El proceso estocástico de las dotaciones está dado por:

$$\log(y_t) = \rho \log(y_{t-1}) + \varepsilon_t \quad [1]$$

Donde $|\rho| < 1$ y $\varepsilon_t \sim N(0, \eta^2)$.

⁶ En el Apéndice A, Alfaro y Kanczuk (2009) muestran que para racionalizar niveles de reservas consistentes con lo observado en economías emergentes, es necesario asumir un factor de descuento suficientemente alto, lo cual implica que el Gobierno es lo suficientemente paciente para no endeudarse ni incumplir con el pago de su deuda, y por tanto el modelo no puede racionalizar simultáneamente los niveles de deuda y episodios de impago observados.

Hogares. El hogar representativo tiene preferencias dadas por:

$$\mathbb{E}_0 \left\{ \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t u(c_t) \right\}$$

Donde \mathbb{E} representa el operador de expectativas condicional en la información del periodo $t = 0$, β es el factor de descuento de los hogares y c representa el consumo privado. La función de utilidad $u: \mathfrak{R}_+ \rightarrow \mathfrak{R}$ es estrictamente creciente y estrictamente cóncava. La restricción presupuestal de los hogares está dada por:

$$c_t = (1 - \tau^\pi)y_t + T_t \quad [2]$$

Donde $T_t \in \mathfrak{R}$ denota transferencias de suma fija del Gobierno y $\tau^\pi \in \mathfrak{R}_{++}$ representa un impuesto inflacionario que es recaudado por el banco central.

Gobierno y banco central. La economía está poblada por un Gobierno y un banco central. Ambos maximizan la función de utilidad de los hogares, pero difieren en su factor de descuento. Por tanto, la función objetivo de Gobierno y banco central está dada por:

$$\mathbb{E}_0 \left\{ \sum_{t=0}^{\infty} (\beta^j)^t u(c_t) \right\} \quad j \in \{F, M\}$$

Donde β^F y β^M denota el factor descuento del Gobierno y del banco central, respectivamente. En particular, el Gobierno es más impaciente que el banco central y los hogares, *i.e.*, $\beta^F < \beta^M = \beta$. Este supuesto pretende capturar la idea de que un banco central independiente puede ser más prudente que el Gobierno con respecto al uso de reservas para financiar el déficit público⁷. Mientras el alto grado de impaciencia es un supuesto razonable para el Gobierno dados los hallazgos de estudios previos –por ejemplo, Alesina y Tabellini (1990) y Persson y Svensson (1989) para economías cerradas, y Cuadra y Saprizza (2008) y Aguiar y Amador (2011) para economías abiertas–, este supuesto no es razonable para un banco central independiente que opera en un marco institucional que lo aísla de presiones políticas y que alinea los incentivos del banco central con los de los hogares⁸.

Restricción presupuestal del banco central. El banco central puede usar señoreaje, $\tau^\pi y$, para transferir recursos al Gobierno, $\Omega \in \mathfrak{R}_{++}$, y para comprar un activo libre de riesgo, $A \in \mathfrak{R}_+$, que paga una unidad de consumo en el próximo periodo y que se comercia a un precio constante que está determinado internacionalmente q^* ⁹.

⁷ Por ejemplo, en diciembre del 2010, la presidenta argentina Cristina Fernández de Kirchner anunció un plan para utilizar las reservas internacionales para pagar la deuda pública. Sin embargo, el presidente del Banco Central, Martín Redrado, se negó a apoyar su plan.

⁸ Véase Grilli *et al.* (1991) y Walsh (2003).

⁹ En la práctica, el banco central transfiere el remanente de operaciones al Gobierno. Sin embargo, la mayoría de los bancos centrales también pueden transferir recursos al Gobierno a través de la compra de deuda pública. Este modelo omite esta distinción y captura cualquier forma de transferencia del banco central al Gobierno en la variable Ω .

Samano (2021) asume que el impuesto inflacionario es lo suficientemente grande para financiar la acumulación de reservas¹⁰. Por tanto, la restricción presupuestal del banco central está dada por:

$$q^*A_{t+1} + \Omega_t = \tau^x y_t + A_t \quad [3]$$

Donde A_t denota las reservas al inicio del periodo t y A_{t+1} representa el nuevo nivel de reservas.

Restricción presupuestal del Gobierno. El Gobierno puede emitir bonos $B \in \mathfrak{R}_+$ al precio q , que en equilibrio depende del nivel de deuda emitida, el nuevo nivel de reservas y choques exógenos al ingreso y a la prima de riesgo. En línea con los modelos de deuda soberana, el Gobierno puede incumplir con el pago de su deuda en cualquier periodo. Finalmente, el Gobierno puede usar las transferencias del banco central para pagar parte de su deuda o para transferir recursos a los hogares. Por tanto, la restricción presupuestal del Gobierno está dada por:

$$T_t + B_t = q_t B_{t+1} + \Omega_t \quad [4]$$

Donde B_t denota las obligaciones al principio del periodo t y B_{t+1} representa la deuda emitida.

Restricción de recursos. Al consolidar la restricción presupuestal de los hogares, del banco central y del Gobierno –Ecuaciones [2], [3] y [4]– es posible obtener una expresión para la restricción de recursos equivalente a la de otros estudios que asumen que el Gobierno elije ambos instrumentos financieros –por ejemplo, Alfaro y Kanczuk (2009).

$$c_t = y_t - B_t + A_t + q_t B_{t+1} - q^* A_{t+1} \quad [5]$$

Impago. Cuando el Gobierno incumple con el pago de su deuda, este queda excluido de los mercados de deuda y su probabilidad de reingreso está dada por $\vartheta \in (0, 1)$; además, la economía incurre en un costo de impago exógeno y la quita para los prestamistas es del 100% (*i.e.*, el porcentaje de la deuda que los prestamistas no pueden recuperar)¹¹. Al igual que Arellano (2008) y Chatterjee y Eyingungor (2012), el costo exógeno captura los costos de impago (*i.e.*, reputación, sanciones

¹⁰ Este supuesto es relevante ya que, dada la ausencia de dinero en el modelo, el banco central no tiene un ingreso endógeno para financiar la acumulación de reservas. Al asumir un impuesto inflacionario exógeno es posible introducir una fuente de ingreso para el banco central. Alternativamente, puedo seguir a la literatura asumiendo soporte fiscal. En ambos casos, los parámetros asociados al impuesto inflacionario, τ , y al soporte fiscal, Ω , no aparecen en la restricción de recursos y, por tanto, la restricción de recursos de la economía es la misma y los resultados no cambian.

¹¹ Estos tres supuestos sobre las implicaciones del impago son comunes en la literatura de deuda soberana. El supuesto de que, al incumplir el pago de la deuda, el Gobierno queda excluido de los mercados financieros pero el banco central aún puede acceder a ellos y conservar sus reservas se explica a detalle en la sección 2.3 de Samano (2021).

y mala asignación de recursos) como una pérdida creciente en el ingreso $\varphi(y)$. Por tanto, la restricción de recursos cuando el Gobierno incumple su deuda está dada por:

$$c_t = y_t - \phi(y_t) + A_t - q^*A_{t+1} \quad [6]$$

Prestamistas y prisma de riesgo. Existe un continuo de prestamistas que viven fuera de la economía doméstica y tienen medida unitaria. Ellos tienen información perfecta con respecto al proceso estocástico de la economía doméstica y pueden observar el nivel de ingreso, deuda y reservas en cada periodo. Para capturar choques estocásticos exógenos a las condiciones domésticas, el factor de descuento de los prestamistas está dado por:

$$m_{t,t+1} = e^{-r^* - (\kappa_t \varepsilon_{t+1} + 0.5\kappa_t^2 \eta^2)} \quad [7]$$

Donde ε y η representan los parámetros que gobiernan el proceso estocástico del ingreso, r^* denota la tasa de descuento y $\kappa_t \geq 0$ representa los choques a la prima de riesgo¹². El choque a la prima de riesgo sigue un proceso de Markov de dos estados con valores $\kappa_L = 0$ y $\kappa_H > 0$, y probabilidades de transición dadas por π_L y π_H . En tiempos normales, $\kappa_t = \kappa_L = 0$, los prestamistas son neutrales al riesgo como en Arellano (2008). En otro caso, $\kappa_t = \kappa_H > 0$, los prestamistas se vuelven aversos al riesgo y requieren un retorno esperado mayor para comprar bonos del Gobierno.

Secuencia de las acciones. La secuencia de acciones en cada periodo es la siguiente:

1. Los choques se realizan $s_t = (y_t, \kappa_t)$, y el estado de la economía está dado por (s_t, B_t, A_t) .
2. El Gobierno elige si paga o no la deuda, $D_t = \{0, 1\}$.
 - a) Si el impago ocurre, $D_t = 1$, el Gobierno queda excluido de los mercados financieros y el banco central elige el nuevo nivel de reservas, A_{t+1} .
 - b) En otro caso, $D_t = 0$, Gobierno y banco central mueven simultáneamente: el Gobierno emite deuda, B_{t+1} , tomando como dado el precio de los bonos, $q_t(s_t, B_{t+1}, A_{t+1})$, y el banco central elige el nuevo nivel de reservas, A_{t+1} .
3. Los hogares consumen, c_t .

¹² Esta especificación del factor de descuento de los prestamistas es la versión discreta de Vasicek (1977) y ha sido utilizada en otros modelos de deuda soberana como Arellano y Ramanarayanan (2012) y Bianchi *et al.* (2018).

2.2. Problemas recursivos

El concepto de solución que estudia Samano (2021) es el equilibrio perfecto de Markov, en el cual las estrategias de los jugadores dependen únicamente de los pagos de los estados relevantes. Dado que los hogares únicamente consumen sus dotaciones más transferencias y los prestamistas proveen el monto de deuda demandado por el Gobierno siempre y cuando el retorno esperado de los bonos domésticos sea equivalente al retorno del activo libre de riesgo, $1/q^*$, los únicos dos agentes estratégicos en el modelo son el Gobierno y el banco central. Por tanto, es posible interpretar este modelo como un juego simultáneo en donde el Gobierno toma la decisión de pagar la deuda y emitir nueva deuda tomando como dada la estrategia del banco central, y viceversa, el banco central elige el nuevo nivel de reservas tomando como dada la estrategia del Gobierno. De aquí en adelante, omitimos los subíndices asociados al periodo y adoptamos la notación recursiva en donde x y x' denotan, respectivamente, presente y futuro valor de la variable x .

Gobierno. Sea $V^F(s, B, A)$ la función valor del Gobierno que enfrenta el estado (s, B, A) y tiene la opción de incumplir el pago de su deuda. Dado el precio de los bonos q , la función V^F satisface la siguiente ecuación funcional:

$$V^F(s, B, A) = \max_D \{(1 - D) \cdot V_r^F(s, B, A) + D \cdot V_d^F(s, A)\} \quad [8]$$

Donde V^F es el valor de pago del Gobierno y está dado por:

$$V_r^F(s, B, A) = \max_{B'} \{u(c) + \beta^F \mathbb{E}[V^F(s', B', A')|s]\}$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned} c &= y + A - B - q^*A' + q(s, B', A')B' \\ A' &= \hat{A}_r(s, B, A) \end{aligned}$$

Y V_d^F representa el valor de impago del Gobierno dado por:

$$V_d^F(s, A) = u(c) + \beta^F(\vartheta \mathbb{E}[V^F(s', 0, A')|s] + (1 - \vartheta) \mathbb{E}[V_d^F(s', A')|s])$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned} c &= y - \varphi(y) + A - q^*A' \\ A' &= \hat{A}_d(s, A) \end{aligned}$$

Donde $\hat{A}_r(s, B, A)$ y $\hat{A}_d(s, A)$ denotan las funciones de política del banco central para la acumulación de reservas en estados de pago e impago, respectivamente.

La solución a la Ecuación [3] genera funciones de política para la decisión de impago, $\hat{D}(s, B, A)$, y emisión de deuda, $\hat{B}(s, B, A)$. La función de impago es 1 si el Gobierno incumple y 0 en otro caso.

En el equilibrio recursivo, los prestamistas usan las funciones de política del Gobierno, así como las del banco central, para determinar el precio de los bonos. Las funciones de política del banco central resuelven los problemas recursivos del banco central que se presentan a continuación.

Banco central. La política de acumulación de reservas depende de la situación de impago del Gobierno. Si el Gobierno cumplió con el pago de la deuda, la función valor del banco central está dada por:

$$V_r^M(s, B, A) = \max_{A' \geq 0} \{u(c) + \beta^M \mathbb{E}[(1 - D')_r \cdot V_r^M(s', B', A') + D' \cdot V_d^M(s', A') | s]\} \quad [9]$$

Sujeto a:

$$c = y + A - B - q^*A' + q(s, B', A')B'$$

$$B' = \hat{B}(s, B, A)$$

$$D' = \hat{D}(s', B', A')$$

Donde $\hat{B}(s, B, A)$ denota la decisión de deuda de hoy, $\hat{D}(s', B', A')$ representa la decisión de impago de mañana, y V_d^M es la función valor del banco central en estados de impago dada por:

$$V_d^M(s, A) = \max_{A' \geq 0} \{u(c) + \beta^M (\vartheta \mathbb{E}[V_r^M(s', 0, A') | s] + (1 - \vartheta) \mathbb{E}[V_d^M(s', A') | s])\} \quad [10]$$

Sujeto a:

$$c = y - \varphi(y) + A - q^*A'$$

La solución a la Ecuación [9] genera funciones de política para la acumulación de reservas cuando el Gobierno cumple con el pago de la deuda, $\hat{A}_r(s, B, A)$. La tercera y cuarta línea de esta ecuación ilustran que, si el Gobierno tiene acceso a los mercados financieros, el banco central toma como dada la estrategia del Gobierno. Consecuentemente, el consumo de los hogares depende de la posición financiera neta de la economía, la cual es determinada por la interacción de las funciones de política de Gobierno y banco central. En contraste, la Ecuación [10] ilustra que, si el Gobierno es excluido de los mercados financieros, el consumo es determinado exclusivamente por el banco central a partir de la función de política de acumulación de reservas en situaciones de impago, $\hat{A}_d(s, A)$.

Precio de los bonos. El precio de los bonos debe compensar el riesgo de los prestamistas, de manera que:

$$q(s, B', A') = \mathbb{E}[m(s, s') \cdot (1 - \hat{D}(s', B', A'))|s] \quad [11]$$

La sección 3.3 muestra que la composición del portafolio es relevante para determinar el precio de los bonos y que no depende únicamente del nivel de deuda neta como en el trabajo de Arellano (2008). Finalmente, el factor de descuento estocástico de los hogares y la condición del precio de los bonos –Ecuaciones [7] y [11]– permiten obtener una expresión para el precio de los bonos libres de riesgo, que está dado por:

$$q^* = e^{-r^*} \quad [12]$$

2.3. Equilibrio recursivo

Un equilibrio perfecto de Markov para esta economía es definido como *i*) un conjunto de funciones valor V^F , V_r^M y V_d^M ; *ii*) funciones de política para las decisiones de impago \hat{D} , deuda \hat{B} , reservas en impago \hat{A}_d , reservas en pago \hat{A}_r y consumo \hat{c} ; y *iii*) una función de precio de los bonos q tal que:

1. Dado q , \hat{A}_d y \hat{A}_r , las funciones $\{\hat{D}, \hat{B}\}$ resuelven el problema recursivo del Gobierno –Ecuación [3].
2. Dado q , \hat{B} y \hat{D} , la función \hat{A}_r resuelve el problema recursivo del banco central en pago –Ecuación [9].
3. La función \hat{A}_d resuelve el problema recursivo del banco central en impago –Ecuación [10].
4. Dadas las funciones de política del Gobierno y del banco central, la función \hat{c} satisface la restricción de recursos de la economía.
5. Dadas las funciones de política del Gobierno y del banco central, q satisface la condición de no arbitraje de los prestamistas –Ecuación [11].

2.4. Calibración

Formas funcionales. La función de utilidad con aversión al riesgo relativa constante está dada por:

$$u(c) = \frac{c^{(1-\sigma)}}{1-\sigma}$$

Con $\sigma \neq 1$. Además, siguiendo la línea de Chatterjee y Eyingungor (2012), el costo exógeno de impago está dado por:

$$\varphi(y) = \max\{0, d_0 y + d_1 y^2\}$$

Valores de parámetros. El modelo es resuelto numéricamente para evaluar predicciones cuantitativas con respecto al nivel de reservas internacionales, deuda pública y *spreads* soberanos. El Apéndice describe el algoritmo que se utilizó para resolver el modelo. En contraste con Samano (2021), este artículo calibra el modelo utilizando datos de la economía argentina de 1993 a 2017¹³. A pesar de que episodios como el de 2010 ponen en cuestionamiento la independencia del Banco Central de la República Argentina, el modelo fue calibrado para Argentina porque el objetivo del ejercicio cuantitativo es obtener un contrafactual del nivel de reservas observado en caso de que el banco central estuviera completamente aislado de presiones políticas¹⁴. Un periodo en el modelo equivale a un año. En general, se siguió la estrategia de calibración de Samano (2021), con excepción del factor de descuento del banco central. El artículo seminal calibra el factor de descuento del banco central a partir de la tasa de interés real del mercado monetario doméstico¹⁵. Esto implica un factor de descuento tal que el banco central y los hogares son relativamente más impacientes que el resto del mundo, aun cuando son más pacientes que el Gobierno. Dado que la impaciencia relativa de los hogares con respecto al resto del mundo no es observable, en este artículo asumimos que el banco central y los hogares son tan pacientes como el resto del mundo. En el Cuadro 1 se presenta un conjunto de parámetros cuyos valores se obtuvieron directamente de los datos. En el Cuadro 2 se presenta un conjunto de parámetros cuyos valores se obtuvieron a partir de simulaciones que aproximan ciertos aspectos observados en los datos. Siguiendo la literatura, se excluyeron los años en que Argentina ha estado en situación de impago (2001-2014).

El valor del parámetro asociado a la aversión al riesgo ($\sigma = 2$) es estándar en modelos de ciclos económicos y deuda soberana. La tasa de interés libre de riesgo se eligió para aproximar el promedio de la tasa de interés real de los Bonos del Tesoro de Estados Unidos de 1980 a 2017, el cual es equivalente a 1,1 % ($r^* = 0,011$). Para parametrizar el factor de descuento estocástico de los prestamistas, se utilizaron datos del EMBI+. Un periodo con alta aversión al riesgo equivale a aquellos periodos en donde el EMBI+ está una desviación estándar por arriba de la mediana del periodo. Con este procedimiento, se obtienen 6 episodios de alta aversión cada 20 años con una duración promedio de 0,7 años, lo cual implica $\pi_{LH} = 0,3$ y $\pi_{HL} = 0,8$. Los valores de los parámetros que gobiernan el proceso estocástico de las dotaciones son elegidos para aproximar el comportamiento del componente cíclico del PIB. Al utilizar el filtro de Hodrick-Prescott se obtiene $\rho = 0,945$ y $\eta = 0,025$. El parámetro que gobierna la probabilidad de reingreso a los mercados financieros es elegido para aproximar una duración de 14 años en exclusión financiera, lo cual corresponde a los años que Argentina fue excluida en su último episodio concluido de impago (2001-2014). Esto implica $\vartheta = 0,07$. Finalmente, el factor de descuento del banco central es elegido para aproximar la tasa de interés mundial, lo cual asume que el banco central

¹³ Samano (2021) utiliza datos de México para la calibración debido a que es una economía emergente típica con un banco central independiente.

¹⁴ El periodo inicia en 1993 porque el Banco Central obtuvo su independencia jurídica en 1992.

¹⁵ Véase Samano (2021).

es igual de paciente que los hogares domésticos y que el resto del mundo. Este procedimiento implica $\beta^M = 0,988$ ¹⁶.

Los cuatro parámetros calibrados por simulación son: el factor de descuento del Gobierno β^F , los dos parámetros asociados al costo de impago d_0 y d_1 y el parámetro asociado a la aversión al riesgo κ_H . Estos valores son elegidos para aproximar cuatro momentos en los datos: *i*) deuda pública promedio de 38,8 % del PIB; *ii*) *spread* promedio de 5,6 %; *iii*) un incremento en los *spreads* de 9,3 % durante los periodos de alta aversión al riesgo; y *iv*) una probabilidad histórica de impago igual a 2 %, que corresponde a dos episodios de impago observados en el caso argentino durante los últimos 100 años, de acuerdo con Catao y Mano (2017).

CUADRO 1
PARÁMETROS CALIBRADOS POR LOS DATOS

Parámetro	Descripción	Valor	Fuente/Objetivo
σ	Aversión al riesgo	2	Alfaro y Kanczuk (2009)
r^*	Tasa de interés libre de riesgo	0,011	Bonos del Tesoro EE.UU.=1,1 %
π_{LH}	Prob. transición de baja a alta aversión al riesgo	0,30	EMBI + Global
π_{HL}	Prob. transición de alta a baja aversión al riesgo	0,80	EMBI + Global
ρ	Autocorrelación de y	0,945	PIB de Argentina
η	Varianza de y	0,025	PIB de Argentina
ϑ	Probabilidad de reingreso	0,07	14 años en exclusión (2001-2014)
β^M	Factor de descuento del banco central	0,988	Tasa de interés internacional = 1,1 %

FUENTE: Elaboración propia.

CUADRO 2
PARÁMETROS CALIBRADOS POR SIMULACIÓN

Parámetro	Descripción	Valor	Objetivo
β^F	Factor de descuento del Gobierno	0,904	Deuda/PIB = 38,8 %
d_0	Parámetro asociado al costo de impago	-0,719	<i>Spread</i> promedio = 5,6 %
d_1	Parámetro asociado al costo de impago	0,890	Incremento en el <i>spread</i> = 9,3 %
κ_H	Parámetro asociado a la aversión al riesgo	3,34	Probabilidad de impago = 2 %

FUENTE: Elaboración propia.

¹⁶ En contraste con esta estrategia de calibración, Samano (2021) calibra el factor de descuento del banco central para aproximar una tasa de interés real igual a 3,5 %, la cual corresponde a la tasa de interés promedio del mercado monetario. Este procedimiento implica $\beta^M = 0,966$.

2.5. Resultados principales: modelo vs. datos

Esta sección presenta momentos de largo plazo en los datos y las simulaciones del modelo¹⁷. El Cuadro 3 muestra los momentos en los datos que fueron elegidos para disciplinar los parámetros del modelo y los compara con el valor que se obtiene a partir de las simulaciones del modelo. En general, el modelo hace un buen trabajo aproximando el comportamiento de la deuda, los *spreads* soberanos y la probabilidad de impago. El Cuadro 4 muestra los momentos en los datos que no fueron seleccionados para la calibración. A diferencia de Samano (2021), el modelo no hace tan buen trabajo aproximando otros estadísticos que no fueron seleccionados como objetivos para la calibración. Esto puede explicarse debido a que la economía argentina no es un ejemplo típico de una economía con un banco central independiente, sin embargo, el ejercicio es ilustrativo ya que presenta un contrafactual donde

CUADRO 3
MOMENTOS SELECCIONADOS PARA
LA CALIBRACIÓN

	Datos	Modelo
Promedio B/y (%)	38,8	38,8
Promedio r_s (%)	5,6	5,4
$\Delta(r_s)$ para $\kappa = \kappa_H$ (%)	9,3	8,5
Prob. de impago (%)	2,0	2,2

FUENTE: Elaboración propia.

CUADRO 4
MOMENTOS NO SELECCIONADOS PARA
LA CALIBRACIÓN

	Datos	Modelo
Promedio (A/y) (%)	6,9	21,7
Correlación ($A/y, B/y$)	0,1	0,8
Correlación ($A/y, y$)	0,6	-0,2
Correlación (c, y)	0,8	0,8
Correlación (r_s, y)	0,5	0,0
Correlación ($r_s, B/y$)	-0,4	0,1
Correlación ($r_s, A/y$)	0,2	0,1
$\sigma(c)/\sigma(y)$	1,0	1,2

FUENTE: Elaboración propia.

¹⁷ Los momentos en el modelo se obtienen al simular 1.000 economías con 500 periodos y computar estadísticas utilizando los últimos 50 periodos en las simulaciones, donde el último episodio de impago fue observado al menos 25 periodos antes de que empiece la muestra.

el banco central puede ser completamente aislado de presiones políticas. En particular, nuestros resultados muestran que al asumir que el banco central es tan paciente como el resto del mundo, el modelo racionaliza un nivel de reservas igual a 21,7% del PIB, lo cual es más de tres veces superior a lo observado en los datos (6,9% del PIB)¹⁸. Este resultado sugiere que el Banco Central de la República Argentina no ha podido ser aislado de las presiones políticas a pesar de su independencia jurídica.

La principal anomalía del modelo, con respecto a los datos y a Samano (2021), es la correlación negativa entre reservas y el componente cíclico del PIB. Esto puede explicarse debido a los motivos precautorios del banco central para acumular reservas en estados de la naturaleza que no son tan favorables, pero, al ser tan paciente, prefiere acumular ahorros para suavizar consumo en los estados menos favorables. Al igual que en Samano (2021), el modelo racionaliza una correlación positiva entre reservas y deuda. Esta correlación positiva es consistente con los datos, pero difiere en su magnitud. Una posible explicación es que al excluir los años en que la economía argentina estuvo en impago perdimos información valiosa sobre la serie de tiempo. Al considerar el periodo que va de 2001 a 2014, la correlación entre deuda y reservas es igual a 0,5, lo cual es cercano a lo que arroja el modelo. Con respecto a los *spreads*, las correlaciones en las simulaciones son bajas pero los signos son consistentes con estudios previos a excepción de la correlación positiva entre *spreads* y reservas. Sin embargo, la correlación positiva entre *spreads* y reservas es consistente con los datos de la economía argentina, lo cual resulta una excepción a la regla. Esto puede explicarse debido a que un mayor nivel de reservas reduce los incentivos del Gobierno a cumplir con el pago de su deuda, ya que puede utilizar las reservas para suavizar consumo en caso de exclusión financiera. En la subsección 3.3 se muestra que este es el caso en el modelo. Finalmente, el modelo hace un buen trabajo generando una correlación positiva entre consumo e ingreso, que es consistente con estudios previos de deuda soberana que no consideran la acumulación de reservas internacionales.

3. Coordinación perfecta entre Gobierno y banco central

El modelo presentado en la sección 2 asume que a pesar de que el Gobierno y el banco central maximizan la misma función objetivo de los hogares, estos difieren en su factor de descuento. Este supuesto implica coordinación imperfecta entre el banco central y el Gobierno y, por tanto, existe un desacuerdo sobre cuál debe ser la senda de consumo de los hogares. Este desacuerdo, junto con el límite de deuda implícito por el precio de los bonos, permite que el modelo racionalice niveles positivos de deuda y reservas en equilibrio. Esta sección explora dos alternativas al supuesto

¹⁸ El principal resultado cuantitativo de Samano (2021) es que el modelo racionaliza un nivel de reservas que equivale al 6,5% del PIB, el cual corresponde al 75% del nivel promedio de reservas observado en México de 1994 a 2017 (8,7% of GDP).

de que el Gobierno es más impaciente que el banco central, las cuales suponen coordinación perfecta entre Gobierno y banco central. La subsección 3.1 muestra que, si el banco central es tan impaciente como el Gobierno, el modelo es equivalente al presentado en Alfaro y Kanczuk (2009). La subsección 3.2 muestra que asumir que el banco central y el Gobierno son tan pacientes como los hogares y el resto del mundo es equivalente a suponer una economía con un planificador central que elige óptimamente los niveles de deuda y reservas. La subsección 3.3 contrasta el mecanismo en Samano (2021) con estas dos economías y la subsección 3.4 explora las implicaciones en bienestar social.

3.1. De Samano (2021) a Alfaro y Kanczuk (2009)

Alfaro y Kanczuk (2009) resulta un punto de referencia natural al estudiar la acumulación de reservas internacionales, ya que fue el primer artículo en permitir la acumulación de un activo libre de riesgo (*i.e.* reservas internacionales) en un modelo de deuda a lo Arellano (2008). El Apéndice B describe el problema recursivo en Alfaro y Kanczuk (2009) y el Apéndice C detalla la estrategia de calibración. El resultado principal es que un modelo de deuda soberana con bonos de corto plazo y un activo libre de riesgo no es suficiente para racionalizar los niveles de reservas internacionales observados en economías emergentes¹⁹. Este resultado se explica por el hecho de que ambos instrumentos financieros, deuda y reservas, maduran en un periodo y, por tanto, la política de autoseguro ante un choque negativo en el ingreso viene de la posibilidad de incumplir con el pago de la deuda y no de suavizar consumo a través del uso de las reservas internacionales²⁰.

Otro supuesto clave en Alfaro y Kanczuk (2009) es que, implícitamente, el modelo asume coordinación perfecta entre el Gobierno y el banco central al suponer que el Gobierno elige la deuda y las reservas. En la práctica, el banco central administra las reservas internacionales y el Gobierno emite deuda pública. Por tanto, omitir el modelaje del banco central implica que el Gobierno y el banco central tienen la misma función objetivo²¹. La ausencia de desacuerdo, así como la madurez de la deuda, explican por qué este modelo no es capaz de racionalizar niveles positivos de deuda y reservas, simultáneamente. A continuación, explicamos cómo obtener un modelo equivalente a Alfaro y Kanczuk (2009) al cambiar el valor del factor de descuento del banco central en Samano (2021).

¹⁹ Bianchi *et al.* (2018) muestran que al introducir deuda de largo plazo es posible racionalizar niveles positivos de deuda y reservas.

²⁰ Alfaro y Kanczuk (2009) muestran que para racionalizar niveles de reservas consistentes con los datos, es necesario asumir un factor de descuento suficientemente alto, lo cual implica un Gobierno relativamente paciente y, por tanto, el modelo no puede racionalizar niveles de deuda y episodios de impago observados en economías emergentes.

²¹ Este supuesto es común en la literatura que utiliza modelos de deuda soberana para estudiar la acumulación de reservas, con excepción de Samano (2021).

Dado que la acumulación de reservas en Samano (2021) se explica por el desacuerdo entre el Gobierno y el banco central, los factores de descuento en este modelo son un parámetro clave. Este modelo asume que el Gobierno es más impaciente que el banco central, es decir $\beta^F < \beta^M = \beta$.

Sin embargo, al asumir que el banco central es tan impaciente como el Gobierno, $\beta^F = \beta^M < \beta$, es posible obtener un modelo equivalente a Alfaro y Kanczuk (2009)²². Al igualar los factores de descuento, la función objetivo del banco central es la misma que la del Gobierno y, por tanto, podemos reescribir el juego entre Gobierno y banco central como un solo problema recursivo en donde el Gobierno es el único jugador estratégico y toma las decisiones de deuda y reservas²³.

El Cuadro 5 compara estadísticos que resultan de simular la economía de Samano (2021) y una economía con un Gobierno impaciente que elige reservas y deuda. El principal resultado de este ejercicio es consistente con Alfaro y Kanczuk (2009), y muestra que un modelo a lo Arellano (2008) con un Gobierno que puede acumular reservas internacionales no puede racionalizar niveles cercanos a los observados en economías emergentes. A diferencia de Samano (2021), el estadístico con respecto a la probabilidad de impago es mayor en una economía donde el banco central no es independiente del Gobierno y no acumula reservas. Si bien es cierto que, en el modelo, las reservas aumentan los incentivos del Gobierno a incumplir con el pago de la deuda, ya que es posible utilizar las reservas para suavizar consumo en caso de impago, también es cierto que dados los altos *spreads* que enfrenta la economía argentina y debido a la persistencia de su ingreso, tener reservas ayuda a pagar deuda en los malos tiempos y por ende la probabilidad de impago es menor.

CUADRO 5
BANCO CENTRAL INDEPENDIENTE VS. ALFARO Y KANCZUK (2009)

	Datos	Samano (2021) $\beta^F < \beta^M = \beta$	Alfaro y Kanczuk (2009) $\beta^F = \beta^M < \beta$
Promedio A/y (%)	6,9	21,7	0,2
Promedio B/y (%)	38,8	38,8	3,8
Promedio r_s (%)	5,6	5,4	5,5
Prob. de impago (%)	2,0	2,2	4,6

FUENTE: Elaboración propia.

²² Alfaro y Kanczuk (2009) no asumen explícitamente que el Gobierno es más impaciente que los hogares. Sin embargo, para poder aproximar los niveles de deuda y la frecuencia de los episodios de impago, ellos asumen un bajo factor de descuento para el Gobierno que no es consistente con las tasas de interés domésticas.

²³ Véase el problema recursivo del Gobierno en el Apéndice.

A continuación, estudiamos las implicaciones de un supuesto alternativo en donde el Gobierno es tan paciente como el banco central y los hogares, $\beta^F = \beta^M = \beta$.

3.2. De Samano (2021) a un planificador central benevolente

Alfaro y Kanczuk (2009) no asumen explícitamente que el Gobierno es más impaciente que los hogares. Sin embargo, omiten cualquier supuesto sobre el factor de descuento de los hogares al suponer que estos únicamente consumen lo que les da el Gobierno y no toman ninguna decisión sobre su consumo intertemporal²⁴. Por tanto, asumir que los hogares tienen el mismo factor de descuento que el Gobierno en Alfaro y Kanczuk (2009), $\beta^F = \beta^M = \beta = 0,904$, implicaría una tasa de interés real que no es consistente con los datos. Más aún, este supuesto implica que los hogares domésticos (*i.e.*, los argentinos) son más impacientes que el resto del mundo, lo cual es un supuesto fuerte y difícil de corroborar en los datos ya que la impaciencia relativa de los agentes no es observable. Por esta razón, una interpretación del supuesto de Alfaro y Kanczuk (2009) es que el Gobierno es más impaciente que el resto del mundo debido a los ciclos políticos, mientras que los hogares son tan pacientes como el resto del mundo. A continuación, estudiaremos un supuesto alternativo en donde el Gobierno se comporta como un planificador social benevolente que tiene el mismo factor de descuento que los hogares y el resto del mundo, es decir $\beta^F = \beta^M = \beta = 0,989$ ²⁵. El Cuadro 6 compara estadísticos que resultan de simular la economía de Samano (2021) y una economía con un planificador central benevolente. El principal resultado de este ejercicio es que un Gobierno que es tan paciente como el resto del mundo no solo no acumula altos niveles de deuda, sino que acumula reservas por motivos precautorios. En particular, las simulaciones del modelo muestran un nivel de reservas igual a 16,8 % del PIB y un nivel de deuda igual a 2,3 % del PIB. La poca acumulación de deuda en este caso se explica debido a que los *spreads* siguen siendo muy altos y, por tanto, acumular deuda resulta costoso. Asimismo, los altos *spreads* soberanos se explican debido a que asumimos una prima de riesgo alta que pudiera aproximar los altos *spreads* soberanos observados²⁶. Al relajar el supuesto de la prima de riesgo, observaríamos *spreads* soberanos igual a cero para niveles de deuda cercanos a 0,0 % del PIB. Sin embargo, en ese caso, acumular deuda y reservas simultáneamente no implicaría ningún costo y, por lo tanto, el nivel de deuda y reservas en equilibrio estaría indeterminado. En tal caso,

²⁴ Véase Aguiar *et al.* (2020) para una discusión sobre las implicaciones en el bienestar social de omitir el valor del factor de descuento de los hogares.

²⁵ Un desafío técnico de este supuesto alternativo es que en modelos estocásticos en donde el Gobierno es tan paciente como el resto del mundo, en equilibrio, el Gobierno acumulará tantas reservas como sea posible por motivos precautorios y, por tanto, el modelo no puede converger. Por tanto, es necesario asumir que el Gobierno es ε más impaciente que el resto del mundo, en donde $\varepsilon \rightarrow 0$.

²⁶ Dado que la probabilidad de impago necesaria para replicar los *spreads* soberanos observados no permitiría sostener altos niveles de deuda en un modelo de deuda soberana con bonos de un periodo, es necesario imponer una prima de riesgo que refleje condiciones exógenas en el mercado financiero.

CUADRO 6
BANCO CENTRAL INDEPENDIENTE VS. PLANIFICADOR CENTRAL
BENEVOLENTE

	Datos	Samano (2021) $\beta^F < \beta^F = \beta$	Planificador central $\beta^F = \beta^F = \beta$
Promedio A/y (%)	6,9	21,7	16,8
Promedio B/y (%)	38,8	38,8	2,3
Promedio r_s (%)	5,6	5,4	6,0
Prob. de impago (%)	2,0	2,2	0,0

FUENTE: Elaboración propia.

el estadístico relevante sería la deuda neta como en Arellano (2008). Finalmente, el estadístico asociado con la probabilidad de impago nos muestra que un planificador benevolente no tiene incentivos a endeudarse y, por tanto, a incumplir con el pago de su deuda.

3.3. Comparando el mecanismo en Samano (2021)

Las subsecciones 3.1 y 3.2 muestran que un modelo de deuda soberana a lo Arellano (2008) no puede racionalizar simultáneamente niveles altos de reservas internacionales y deuda pública. Por un lado, en una economía a lo Alfaro y Kanczuk (2009), el Gobierno es impaciente en relación al resto del mundo y no tiene incentivos para acumular reservas, ya que ambos instrumentos financieros, deuda y reservas, tienen la misma madurez y, por tanto, la política de autoseguro ante un choque negativo en el ingreso viene de la posibilidad de incumplir con el pago de la deuda y no de suavizar consumo con el uso de las reservas. Por otro lado, en una economía poblada por un planificador central benevolente no es posible racionalizar altos niveles de deuda, ya que el planificador central es lo suficientemente paciente en relación con el resto del mundo. Más aún, esta paciencia relativa implica que, en equilibrio, el planificador central acumule bajos niveles de deuda y altos niveles de reservas internacionales por motivos precautorios. En ambos casos, el supuesto de coordinación perfecta entre banco central y Gobierno explica por qué un modelo a lo Arellano (2008) no es capaz de racionalizar altos niveles de deuda y reservas, simultáneamente. En cambio, el modelo de Samano (2021) introduce un desacuerdo entre el banco central y el Gobierno al asumir diferentes factores de descuento. Este desacuerdo, junto con el límite de deuda implícito por el precio de los bonos, permite que el modelo racionalice niveles positivos de deuda y reservas. Para ilustrar cómo este desacuerdo puede racionalizar niveles de reservas y deuda observados, esta sección contrasta el modelo de Samano (2021) con los presentados en las dos subsecciones anteriores. Sean $\{\bar{A}^F(s, B, A), \bar{B}^F(s, B, A)\}$ y $\{\bar{A}^M(s, B, A), \bar{B}^M(s, B, A)\}$

las funciones de política de una economía a lo Alfaro y Kanczuk (2009) y de una economía con un planificador central benevolente, respectivamente. Dado el estado agregado de la economía, el consumo de los hogares en la economía de Alfaro y Kanczuk (2009) puede expresarse de la siguiente manera:

$$c^{-F}(s, B, A) = y - B + A + q(s, B', A')B' - q^*A' \quad [13]$$

Donde $B' = \bar{B}^F(s, B, A)$ y $A' = \bar{A}^F(s, B, A)$; mientras que en la economía con un planificador central benevolente el consumo está dado por:

$$c^{-M}(s, B, A) = y - B + A + q(s, B', A')B' - q^*A' \quad [14]$$

Donde $B' = \bar{B}^M(s, B, A)$ y $A' = \bar{A}^M(s, B, A)$.

La Figura 1 presenta la diferencia entre estos dos niveles de consumo para ilustrar el desacuerdo entre el Gobierno y el banco central en el modelo de Samano (2021). El panel (a) muestra que, dado el estado agregado de la economía, un Gobierno impaciente prefiere mayor consumo presente que un banco central benevolente. El panel (b) ilustra que este desacuerdo sobre el consumo intertemporal de los hogares se traduce en un desacuerdo sobre la posición financiera neta de la economía. En Samano (2021), el banco central y el Gobierno no difieren únicamente sobre la senda de consumo de los hogares, sino también en sus herramientas para afectar la posición financiera neta de la economía. En particular, el Gobierno impaciente prefiere adelantar consumo utilizando los mercados de deuda y el banco central prefiere transferir recursos al futuro a través de la acumulación de reservas internacionales. Por tanto, el beneficio de acumular reservas en el modelo depende de la habilidad del banco central para reducir la deuda neta de la economía y afectar el consumo de los hogares en equilibrio. Para ilustrar este punto, resulta conveniente analizar la derivada del consumo con respecto a la acumulación de reservas internacionales:

$$\frac{\partial \hat{c}(s, B, A)}{\partial A'} = -q^* + \frac{\partial q(s, \hat{B}(s, B, A), A')}{\partial A'} \hat{B}(s, B, A) \quad [15]$$

Donde el primer término, $-q^*$, ilustra que el banco central tiene que sacrificar q^* unidades de consumo el día de hoy para comprar un bono libre de riesgo, y el segundo término ilustra que la acumulación de reservas internacionales también afecta el precio al que el Gobierno puede emitir deuda pública, B' , y afectar el consumo de los hogares. En este sentido, también resulta conveniente analizar la derivada del consumo con respecto a la emisión de deuda:

$$\frac{\partial \hat{c}(s, B, A)}{\partial B'} = q(s, B', A') + \frac{\partial q(s, B', \hat{A}(s, B, A))}{\partial B'} \hat{B}(s, B, A) \quad [16]$$

Donde el primer término ilustra que cuando el Gobierno emite un bono, este puede incrementar el consumo de los hogares en $q(s, B', A')$ unidades de consumo. Por otro lado, el segundo término ilustra que la capacidad del Gobierno para incrementar

el consumo de los hogares a partir de la emisión de deuda es limitada debido a que el precio de los bonos es decreciente en el nivel de deuda, $\frac{\partial q(s, B', \hat{A}_r(s, B, A))}{\partial B'} < 0$. Las

Ecuaciones [15] y [16] ilustran que la interacción entre el precio de los bonos y los niveles de deuda y reservas son cruciales para entender el mecanismo del modelo. La Figura 2 muestra que el precio de los bonos es decreciente en el nivel de deuda y casi constante en el nivel de reservas²⁷. Este resultado se explica porque, en contraste con el nivel de deuda, el nivel de reservas afecta tanto el valor de impago como el valor de pago del Gobierno. Por tanto, un cambio en el nivel de reservas no cambia sustancialmente los incentivos para incumplir el pago de la deuda y el precio de los bonos es casi constante en el nivel de reservas. La Figura 3 contrasta la función valor del Gobierno como función del nivel de deuda y de reservas internacionales, y muestra que tanto la función valor de impago y pago son crecientes en el nivel de reservas, casi a la misma tasa, lo cual no cambia los incentivos del Gobierno a hacer impago.

Para mostrar por qué el riesgo soberano es crucial para que el banco central tenga la habilidad de disciplinar la deuda neta de la economía a partir de la acumulación de reservas, a continuación, discutimos que pasaría en el modelo si no hubiera riesgo soberano. En este caso, el precio de los bonos doméstico sería igual al precio de los bonos libres de riesgo para cualquier estado de la economía, $q(s, B', A') = q^*$, y ninguno de los dos instrumentos financieros afectaría el precio de los bonos, es decir:

$$\frac{\partial q(s, \hat{B}(s, B, A), A')}{\partial A'} = \frac{\partial q(s, B', \hat{A}_r(s, B, A))}{\partial B'} = 0$$

Lo cual significa que emitir un bono implica que el consumo aumente en q^* unidades de consumo, y viceversa, el banco central transfiere una unidad de consumo del periodo t al periodo $t + 1$ comprando un bono libre de riesgo al precio q^* . Esto es:

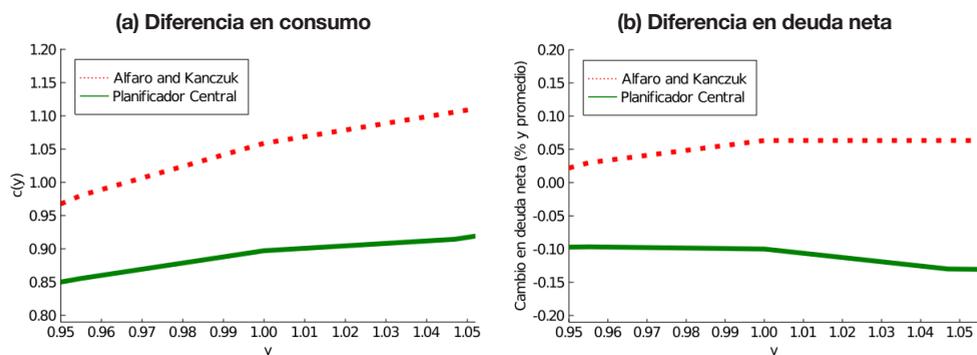
$$\frac{\partial \hat{c}(s, B, A)}{\partial A'} = \frac{\partial \hat{c}(s, B, A)}{\partial B'} = q^*$$

Por tanto, los *spreads* $r_s = 1/q - 1/q^*$, son clave para el mecanismo del modelo ya que incrementan el costo para el Gobierno de deshacer el efecto de las reservas en el consumo emitiendo más deuda. La Figura 4 muestra distintos portafolios de reservas y deuda que implican el mismo nivel de consumo en equilibrio. Los puntos sólidos representan los niveles de reservas y deuda en equilibrio, $(\hat{A}_r(s, B, A), \hat{B}(s, B, A))$, dado el estado agregado de la economía (s, B, A) . El panel (a) ilustra que para cualquier nivel de reservas, el Gobierno puede emitir más deuda para deshacer el efecto

²⁷ La Figura 2 muestra que el precio de los bonos es creciente para altos niveles de reservas, sin embargo, el incremento en el precio de los bonos por bono libre de riesgo acumulado es menor al decremento en el precio de los bonos por bono doméstico emitido, y, por tanto los *spreads* son crecientes en portafolios con mayores niveles de reservas y deuda.

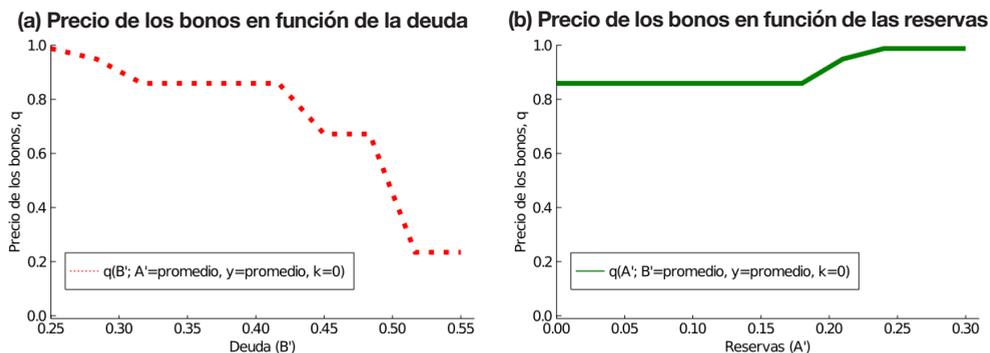
de la acumulación de reservas en la deuda neta, y viceversa, el banco central puede acumular reservas para deshacer el efecto de la emisión de deuda sobre el consumo de equilibrio. Esta figura también ilustra que el Gobierno emite más deuda en periodos con altos ingresos y , y por tanto, el banco central reacciona acumulando más reservas internacionales en periodos con altos ingresos. Mientras que el comportamiento procíclico de la deuda es una característica común de los modelos de deuda soberana, el comportamiento procíclico de las reservas se explica porque el banco central acumula más reservas cuando el endeudamiento del Gobierno es mayor. El panel (b) muestra que los *spreads* son crecientes en portafolios con un alto nivel de reservas y deuda, lo cual incrementa el costo para el Gobierno de deshacer la política de acumulación de reservas del banco central.

FIGURA 1
DESACUERDO ENTRE EL BANCO CENTRAL Y EL GOBIERNO



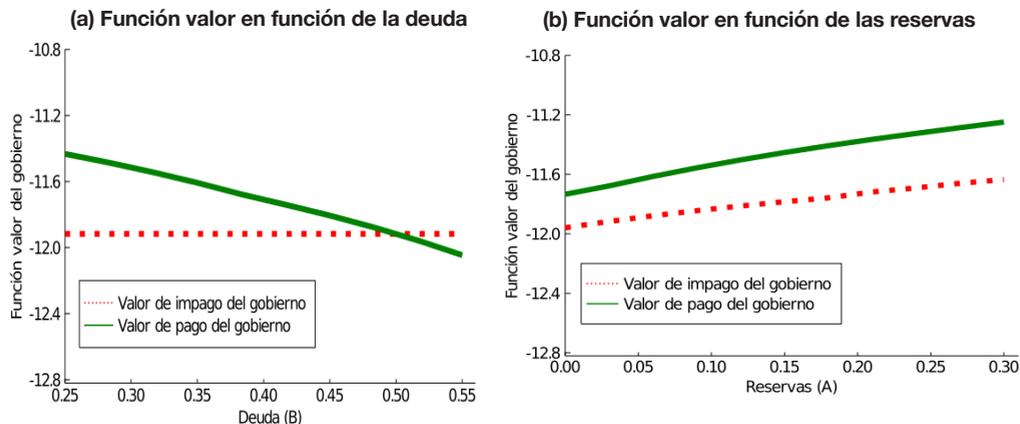
FUENTE: Elaboración propia.

FIGURA 2
PRECIO DE LOS BONOS SOBERANOS



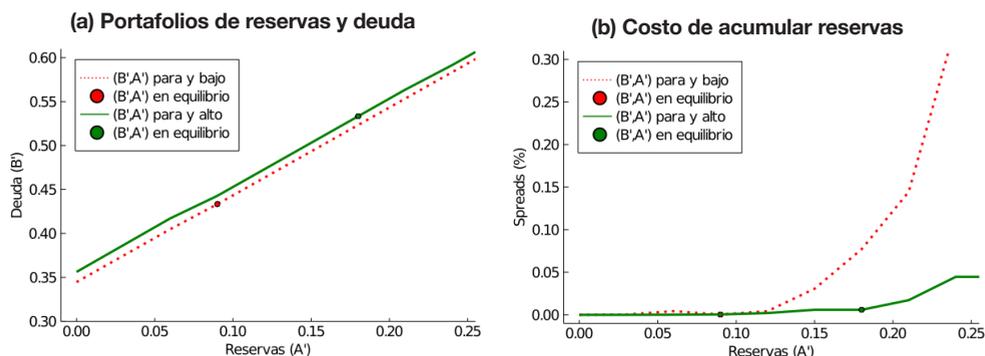
FUENTE: Elaboración propia.

FIGURA 3
FUNCIÓN VALOR DEL GOBIERNO



FUENTE: Elaboración propia.

FIGURA 4
DECISIONES DE RESERVAS Y DEUDA



FUENTE: Elaboración propia.

En resumen, la acumulación de reservas internacionales en Samano (2021) le permite al banco central transferir recursos a periodos futuros de una manera que el Gobierno no puede deshacer emitiendo más deuda debido a los crecientes *spreads* soberanos. Este mecanismo no está presente en Alfaro y Kanczuk (2009), ya que el supuesto de coordinación perfecta entre banco central y Gobierno implica que no hay desacuerdo sobre el nivel de reservas y deuda de la economía.

3.4. Análisis de bienestar social

Esta sección utiliza las tres economías que hemos definido anteriormente para responder a la pregunta de cuál es el efecto de la acumulación de reservas sobre el bienestar social. Para ello, contrastamos las economías de Samano (2021) y Alfaro y

Kanczuk (2009), así como la economía del planificador central, para dar una referencia del óptimo social. El Cuadro 7 muestra que, al acumular reservas internacionales, un banco central independiente puede reducir la deuda neta de la economía, ya que transfiere recursos al futuro de una manera tal que no puede ser deshecha por el Gobierno emitiendo más deuda, lo cual incrementa el bienestar social ya que reduce el costo de anticipar el gasto público²⁸. Por otro lado, la primera y tercera columna muestran que, a pesar de que la posición neta de la economía en Samano (2021) está lejos del óptimo social, las ganancias en bienestar social de tener un banco central independiente representan cerca de 2/3 de lo que serían si Gobierno y banco central fueran benevolentes.

Para calcular las ganancias en bienestar asociadas a tener un banco central independiente que puede acumular reservas internacionales, se siguió el mismo procedimiento que en Samano (2021). Al seguir este procedimiento, estimamos $\lambda^* = 0,0078$, lo cual es considerablemente mayor a lo que estima Samano (2021) para la economía mexicana ($\lambda^* = 0,0007$). Al repetir este procedimiento contrastando la economía de Alfaro y Kanczuk (2009) con la del planificador central, estimamos $\lambda^* = 0,0208$. Por tanto, tener un banco central independiente que puede acumular reservas para disciplinar la deuda neta de la economía incrementa el bienestar en 0,78 %, lo cual representa cerca de 1/3 de las ganancias en bienestar social de tener un planificador central benevolente (2,08 %).

CUADRO 7
GANANCIAS EN BIENESTAR SOCIAL

	Samano (2021) $\beta^F < \beta^M = \beta$	Alfaro y Kanczuk (2009) $\beta^F = \beta^M < \beta$	Planificador central $\beta^F = \beta^M = \beta$
Promedio B/y (%)	38,8	38,8	2,3
Promedio A/y (%)	21,7	0,2	16,8
Deuda neta (%)	17,1	38,6	-14,5
Cambio en bienestar (%)	0,78	0,0	2,08

FUENTE: Elaboración propia.

4. Conclusión

Este artículo estudia y contrasta dos formas de introducir la posibilidad de acumular reservas internacionales en un modelo de deuda soberana. En primer lugar, describimos a detalle el modelo, la calibración y los resultados de Samano (2021), el cual muestra un banco central independiente que acumula reservas para contrarrestar la acumulación de deuda del Gobierno. En segundo lugar, explicamos cómo al cambiar el valor de un solo parámetro en el modelo de Samano (2021) se puede obtener

²⁸ Véase Aguiar *et al.* (2020).

un modelo equivalente al presentado en Alfaro y Kanczuk (2009), el cual es un punto de referencia natural para estudiar la acumulación de reservas en un modelo de deuda soberana. En tercer lugar, comparamos el funcionamiento de ambos modelos y cuantificamos las implicaciones en bienestar de tener un banco central independiente que puede acumular reservas internacionales.

Este artículo se diferencia de Samano (2021) en dos cuestiones fundamentales. Primero, este artículo calibra el modelo para la economía argentina con el objetivo de obtener un contrafactual del nivel de reservas observado en caso de que el Banco Central de la República Argentina estuviera completamente aislado de presiones políticas. Segundo, este artículo asume que el banco central y los hogares son tan pacientes como el resto del mundo. El principal resultado es que el modelo racionaliza un nivel de reservas igual al 21,7% del PIB, lo cual es más de tres veces superior al nivel promedio observado en Argentina de 1993 a 2017 (6,9% del PIB). Este resultado puede interpretarse como el nivel de reservas que elegiría un banco central completamente aislado de presiones políticas, mientras que la estrategia de calibración en Samano (2021) sugiere que el banco central sigue influenciado por la coyuntura aun cuando es independiente jurídicamente.

En resumen, este artículo revisa dos modelos que son un buen punto de partida para estudiar la acumulación simultánea de reservas internacionales y deuda pública. Sin embargo, omite otros artículos relevantes que estudian la acumulación de reservas en un modelo de deuda soberana como Bianchi *et al.* (2018), Hernández (2018), Tavares (2018), Bianchi y Sosa-Padilla (2020) y Sosa-Padilla y Sturzenegger (2021). En mi opinión, una futura investigación podría estudiar las implicaciones de relajar el supuesto de coordinación perfecta entre el banco central y el Gobierno en otros estudios sobre acumulación de reservas. Más aún, otra idea interesante sería extender el modelo de Samano (2021) agregando saldos monetarios y estudiar la relación entre la acumulación de reservas internacionales y tasas de inflación.

Referencias bibliográficas

- Aguiar, M., & Amador, M. (2011). Growth in the Shadow of Expropriation. *Quarterly Journal of Economics*, 126(2):651-97.
- Aguiar, M., Amador, M., & Fourakis, S. (2020). On the Welfare Losses from External Sovereign Borrowing. *IMF Economic Review*, 68, 163-194.
- Aguiar, M., & Gopinath, G. (2006). Defaultable debt, interest rates and the current account. *Journal of International Economics*, 69(1), 64-83.
- Alesina, A., & Tabellini, G. (1990). A Positive Theory of Fiscal Deficits and Government Debt in Democracy. *Review of Economic Studies*, 57(3), 403-414.
- Alfaro, L., & Kanczuk, F. (2009). Optimal reserve management and sovereign debt. *Journal of International Economics*, 77(1), 23-36.
- Arellano, C. (2008). Default Risk and Income Fluctuations in Emerging Economies. *American Economic Review*, 98(3), 690-712.

- Arellano, C., & Ramanarayanan, A. (2012). Default and the Maturity Structure in Sovereign Bonds. *Journal of Political Economy*, 120(2).
- Bianchi, J., Hatchondo, J. C., & Martinez, L. (2018). International Reserves and Rollover Risk. *American Economic Review*, 108(9), 2629-2670.
- Bianchi, J., & Sosa-Padilla, C. (2020). *Reserve Accumulation, Macroeconomic Stabilization and Sovereign Risk* (NBER Working Paper n.º 27323). National Bureau of Economic Research.
- Catao, L. A. V., & Mano, R. C. (2017). Default Premium. *Journal of International Economics*, 107, 91-110.
- Chatterjee, S., & Eyingungor, B. (2012). Maturity, indebtedness, and default risk. *American Economic Review*, 102(6), 2674-2699.
- Cuadra, G., & Sapriza, H. (2008). Sovereign Default, Interest Rates and Political Uncertainty in Emerging Markets. *Journal of International Economics*, 76(1).
- Eaton, J., & Gersovitz, M. (1981). Debt with Potential Repudiation: Theoretical and Empirical Analysis. *The Review of Economic Studies*, 48(2), 289-309.
- Grilli, V., Masciandaro, D., & Tabellini, G. (1991). Political and Monetary Institutions and Public Financial Policies in the Industrial Countries. *Economic Policy*, 6(13), 341-92.
- Hernández, J. (2018). *How International Reserves Reduce the Probability of Debt Crises* (IDB Discussion Paper n.º IDB-DP-579). Inter-American Development Bank.
- Persson, T., & Svensson, L. E. O. (1989). Why a Stubborn Conservative Would Run A Deficit: Policy with Time-Inconsistent Preferences. *Quarterly Journal of Economics*, 104(2), 325-345. .
- Samano, A. (2021). *International Reserves and Central Bank Independence* (World Bank Policy Research Working Paper n.º 9832). World Bank Group.
- Sosa-Padilla, C., & Sturzenegger, F. (2021). *Does it Matter How Central Banks Accumulate Reserves? Evidence from Sovereign Spreads* (NBER Working Paper n.º 28973). National Bureau of Economic Research.
- Tavares, T. (2018). *The Role of International Reserves in Sovereign Debt Restructuring under Fiscal Adjustment* (MPRA Paper n.º 87423). Munich Personal RePEc Archive.
- Vasicek, O. (1977). An equilibrium characterization of the term structure. *Journal of Financial Economics*, 5(2), 177-188.
- Walsh, C. E. (2003). *Monetary Theory and Policy*. The MIT Press.

APÉNDICE

A. Algoritmo computacional

El siguiente algoritmo fue usado para resolver el modelo:

1. Comenzar con una conjetura para el precio de los bonos tal que $q(s, B', A') = e^{-r^*}$ para todo (s, B', A') .
2. Comenzar con una conjetura para el valor de pago del banco central tal que $V_r^M(y, \kappa, B, A) = V_r^M(1, 0, B, A)$ para todo (y, κ, B', A') , donde $V_r^M(1, 0, B, A)$ es la función valor que resuelve el problema recursivo del banco central en el caso determinístico del modelo.
3. Resolver el problema recursivo del banco central en estado de impago, usando el método de iteración de la función valor, y obtener la función de política para la acumulación de reservas en impago $\hat{A}_d(s, A)$.
4. Resolver el problema recursivo del Gobierno y obtener funciones de política para la decisión de impago y emisión de deuda, $\hat{D}(s, B, A)$ y $\hat{B}(s, B, A)$.
5. Resolver el problema recursivo del banco central en estado de pago, usando el método de iteración de la función valor, y obtener la función de política para la acumulación de reservas en pago $\hat{A}_r(s, B, A)$.
6. Repetir los pasos del 2 al 6 hasta que la conjetura converja con el valor de pago del banco central.
7. Estimar el precio de los bonos usando la probabilidad de impago a lo Arellano (2008).
8. Repetir los pasos del 2 al 7 hasta que la conjetura converja con el precio de los bonos.

B. Problema recursivo en Alfaro y Kanczuk (2009)

Al igual que en el modelo base presentado en este artículo, el concepto de solución que estudian Alfaro y Kanczuk (2009) es el equilibrio perfecto de Markov. Dado el supuesto de coordinación perfecta entre el Gobierno y el banco central, es posible omitir el modelaje del segundo y asumir que el Gobierno elige simultáneamente deuda y reservas. Por tanto, en este modelo el Gobierno es el único jugador estratégico. A continuación, presentamos el problema recursivo del Gobierno, así como la definición de equilibrio recursivo.

Sea $V^G(s, B, A)$ la función valor del Gobierno que enfrenta el estado (s, B, A) y tiene la opción de incumplir el pago de su deuda. Dado el precio de los bonos q , la función V^G satisface la siguiente ecuación funcional:

$$V^G(s, B, A) = \max_D \{(1 - D) \cdot V_r^G(s, B, A) + D \cdot V_d^G(s, A)\} \quad [17]$$

Donde V^G es el valor de pago del Gobierno y está dado por:

$$V_r^G(s, B, A) = \max_{B', A'} \{u(c) + \beta^F \mathbb{E}[V^G(s', B', A')|s]\}$$

Sujeto a:

$$c = y + A - B - q^*A' + q(s, B', A')B'$$

Y V_d^G representa el valor de impago del Gobierno dado por:

$$V_d^G(s, A) = \max_{A'} \{u(c) + \beta^F(\vartheta \mathbb{E}[V^G(s', 0, A')|s]) + (1 - \vartheta) \mathbb{E}[V_d^G(s', A')|s]\}$$

Sujeto a:

$$c = y - \varphi(y) + A - q^*A'$$

La solución a la Ecuación [17] genera funciones de política para la decisión de impago, $\tilde{D}(s, B, A)$, emisión de deuda, $\tilde{B}(s, B, A)$, y acumulación de reservas en estados de pago e impago, $\tilde{A}_r(s, B, A)$ y $\tilde{A}_d(s, A)$. El precio de los bonos se determina de la misma manera que en el modelo base presentado en la sección 2. A continuación, presentamos la definición de equilibrio recursivo.

Un equilibrio perfecto de Markov para esta economía es definido como: *i*) una función valor para el Gobierno V^G ; *ii*) funciones de política para las decisiones de impago \tilde{D} , deuda \tilde{B} , reservas en impago \tilde{A}_d , reservas en pago \tilde{A}_r , y consumo \tilde{c} ; y *iii*) una función de precio de los bonos q tal que:

1. Dado q , las funciones $\{\tilde{D}, \tilde{B}, \tilde{A}_r, \tilde{A}_d\}$ resuelven el problema recursivo del Gobierno –Ecuación [17].
2. Dadas las funciones de política del Gobierno, la función \tilde{c} satisface la restricción de recursos de la economía.
3. Dadas las funciones de política del Gobierno, q satisface la condición de no arbitraje de los prestamistas –Ecuación [11].

C. Calibración en Alfaro y Kanczuk (2009)

Valores de parámetros. La estrategia de calibración es análoga a la presentada en la subsección 2.4. El conjunto de parámetros cuyos valores se obtuvieron directamente de los datos es igual al Cuadro 1, con excepción del factor de descuento del banco central (Cuadro C1). En el Cuadro C2 se presentan los parámetros cuyos valores se obtuvieron a partir de simulaciones.

CUADRO C1
PARÁMETROS CALIBRADOS POR LOS DATOS

Parámetro	Descripción	Valor	Fuente / Objetivo
σ	Aversión al riesgo	2	Alfaro y Kanczuk (2009)
r^*	Tasa de interés libre de riesgo	0,011	Bonos del Tesoro EE. UU. = 1,1 %
π_{LH}	Prob. transición de baja a alta aversión al riesgo	0,30	EMBI + Global
π_{HL}	Prob. transición de alta a baja aversión al riesgo	0,80	EMBI + Global
ρ	Autocorrelación de y	0,945	PIB de Argentina
η	Varianza de y	0,025	PIB de Argentina
θ	Probabilidad de reingreso	0,07	14 años en exclusión (2001-2014)
β^M	Factor de descuento del banco central	0,904	Factor de descuento del Gobierno = β^F

FUENTE: Elaboración propia.

CUADRO C2
PARÁMETROS CALIBRADOS POR SIMULACIÓN

Parámetro	Descripción	Valor	Objetivo
β^F	Factor de descuento del Gobierno	0,904	Deuda/PIB = 38,8 %
d_0	Parámetro asociado al costo de impago	-0,736	<i>Spread</i> promedio = 5,6 %
d_1	Parámetro asociado al costo de impago	0,890	Incremento en el <i>spread</i> = 9,3 %
κ_H	Parámetro asociado a la aversión al riesgo	3,57	Probabilidad de impago = 2 %

FUENTE: Elaboración propia.

El Cuadro C3 muestra los momentos que fueron elegidos para disciplinar los parámetros del modelo, y los compara con el valor que se obtiene a partir de las simulaciones del modelo. En general, el modelo hace un buen trabajo aproximando el comportamiento de la deuda y los *spreads* soberanos, mientras que sobrestima la probabilidad de impago.

CUADRO C3
MOMENTOS SELECCIONADOS PARA LA CALIBRACIÓN
DE ALFARO Y KANCZUK (2009)

	Datos	Alfaro y Kanczuk (2009)
Promedio B/y (%)	38,8	38,2
Promedio r_s (%)	5,6	5,5
$\Delta(r_s)$ para $\kappa = \kappa_H$ (%)	9,3	8,2
Prob. de impago (%)	2,0	4,6

FUENTE: Elaboración propia.