

Simulating a Development Trilemma in Peripheral Economies with the TED&POP Model: Looms, Dollars, Ponchos and Pesos

Nahuel Arca¹, Ignacio Gonzalez Tafler², Martín Harracá³, Igal Kejsefman⁴,
and Rodrigo Castro²

¹ Institute of Mathematical Research (IMAS), FCEyN, UBA and CONICET, Buenos
Aires, Argentina

² Institute of Computer Science (ICC), FCEyN, UBA, Buenos Aires, Argentina
`rcastro@dc.uba.ar`

³ School of Economics and Business (EEYN), University of San Martín, Buenos
Aires, Argentina

⁴ Institute of Latin American and Caribbean Studies (IEALC), FCS, UBA and
CONICET, Buenos Aires, Argentina

Resumen This paper presents TED&POP, a macroeconomic Stock-Flow Consistent (SFC) simulation model designed to analyze the growth dynamics of small open peripheral economies, subject to recurrent balance-of-payments constraints, distributive conflict, and active state intervention. The model formalizes three interacting dimensions: (i) the external constraint arising from world demand and domestic export capacity; (ii) a distributive cycle that determines the wage-profit share and aggregate demand; and (iii) a government authority that manages foreign exchange and regulates income distribution to achieve social peace. The model is implemented as a system of differential-algebraic equations (DAEs) using Modelica, an equation-based object-oriented language that guarantees stock-flow consistency by construction. Two contrasting scenarios are examined —an export-supply constraint and an export-demand constraint— in which nonlinear Goodwin-type cycles and endogenous balance-of-payments crises emerge. In these scenarios a development trilemma manifests, whereby growth, external solvency, and distributive stability cannot be satisfied simultaneously.

Keywords: Peripheral Economies · Stock-Flow Consistent (SFC) · Balance of Payments · Distributive Conflict · Modelica · Macroeconomic Simulation

Simulación de un trilema del desarrollo en economías periféricas con el modelo TED&POP: Telares, Dólares, Ponchos y Pesos

Resumen Este trabajo presenta TED&POP, un modelo de simulación macroeconómica Stock-Flujo Consistente (SFC) diseñado para analizar las dinámicas de crecimiento de economías periféricas pequeñas y abiertas, sujetas a restricciones recurrentes de balanza de pagos, conflicto distributivo e intervención estatal activa. El modelo formaliza tres dimensiones en interacción: (i) la restricción externa derivada de la demanda mundial y la capacidad exportadora doméstica; (ii) un ciclo distributivo que determina la participación salario-ganancia y la demanda agregada; y (iii) una autoridad gubernamental que administra las divisas y regula la distribución del ingreso para alcanzar la paz social. El modelo se implementa como un sistema de ecuaciones diferenciales-algebraicas (DAEs) usando Modelica, un lenguaje orientado a objetos basado en ecuaciones que garantiza la consistencia stock-flujo por construcción. Se exponen dos escenarios contrastantes —restricción por oferta exportadora y restricción por demanda de exportaciones— en los que emergen ciclos no lineales tipo Goodwin y crisis de balanza de pagos endógenas. En estos escenarios se manifiesta un trilema de desarrollo en el que crecimiento, solvencia externa y estabilidad distributiva no pueden satisfacerse simultáneamente.

Keywords: Economías Periféricas · Consistencia Stock-Flujo (SFC) · Balanza de Pagos · Conflicto Distributivo · Modelica · Simulación Macroeconómica

1. Introducción

Las economías pequeñas, abiertas y periféricas exhiben una combinación singular de dinámicas macroeconómicas de corto plazo altamente volátiles con problemas estructurales de largo plazo: estructuras productivas heterogéneas e incompletas, conflictos distributivos persistentes y capacidades estatales débiles. El resultado es la emergencia recurrente de restricciones estructurales al crecimiento, expresadas visiblemente en crisis de balanza de pagos [20].

En este contexto emerge un genuino *problema enredado* (*wicked problem*) [22]: las intervenciones de política diseñadas para atender una dimensión del sistema suelen agravar las restricciones en otras. Las estrategias orientadas a sostener la demanda interna o estabilizar la distribución del ingreso frecuentemente intensifican la fragilidad externa, mientras que las políticas centradas en el equilibrio externo tienden a erosionar la estabilidad social.

Este trabajo aborda simultáneamente tres preguntas estructurantes. *Primera:* ¿Cómo interactúan los patrones de integración económica internacional con las crisis recurrentes de balanza de pagos? La literatura de Crecimiento Restringido por Balanza de Pagos (BPCG) [2,16,24] muestra que la insuficiencia de ingresos netos de divisas es una restricción recurrente cuya fuente puede ser externa (demanda mundial insuficiente) o interna (alto contenido importado de la inversión). *Segunda:* ¿Cómo influye el conflicto distributivo en la dinámica del ciclo? El papel ambivalente de los salarios como costo de producción y determinante de la demanda efectiva —amplificado en economías periféricas porque

también distribuyen el producto entre demanda doméstica y externa— es central [1,13,14] *Tercera:* ¿Cómo regula el Estado el desajuste entre las condiciones económicas y sociales requeridas para el crecimiento sostenido? [3]

Una corriente prominente articula los modelos BPCG con ciclos distributivos de Goodwin [6,7,18]. Sin embargo, la articulación *simultánea* de las tres dimensiones —restricción externa, conflicto distributivo e intervención estatal— dentro de un marco unificado ha sido abordada solo de manera parcial. Este trabajo formaliza un *trilema de desarrollo* para economías periféricas, construyendo un modelo SFC en el cual el crecimiento y la regulación endógena del conflicto distributivo están estructuralmente condicionados por —y simultáneamente reaccionan sobre— una restricción externa vinculante.

El trabajo realiza dos contribuciones. La primera es teórico-económica: El modelo TED&POP (TElares-Dólares-POnchos-Pesos) integra en un sistema coherente los determinantes de oferta y demanda de la restricción externa junto al rol endógeno del Estado, generando retroalimentaciones no lineales que los modelos parciales no capturan. La segunda es metodológica en modelado y simulación: TED&POP se especifica íntegramente en Modelica [8,9,15] garantizando la reproducibilidad total y proveyendo un laboratorio computacional extensible.

2. Contexto y Motivación

2.1. Argentina como caso motivador

Argentina ofrece un caso paradigmático [11]. En el período 2001–2015, la economía transitó desde una grave crisis socioeconómica —con desempleo del 21,5 % y pobreza del 55 %— hacia una recuperación del mercado interno viabilizada por la expansión exportadora y una sustancial intervención del Estado para garantizar la paz social en base a la redistribución del ingreso, para luego enfrentar nuevamente restricciones externas derivadas de la desaceleración del crecimiento chino y de tensiones distributivas internas no resueltas [19]. La fase 2001–2009 ilustra el régimen restringido por oferta exportadora: la demanda mundial superó la capacidad exportadora, y el crecimiento dependió de la acumulación de capital financiada por divisas. El llamado *Conflicto del Campo* señaló las tensiones emergentes de la intervención del Estado que buscaba garantizar la paz social financiando el crecimiento del mercado interno con las divisas que requerían los sectores exportadores para acumular capital. A partir de la crisis internacional de 2008 y la moderación del crecimiento de China, se expresaron los límites del crecimiento basado en exportaciones, prefigurando el escenario de restricción del crecimiento por escasez de demanda de exportaciones. Este ciclo ilustra con precisión las tres dimensiones del trilema: restricción de balanza de pagos, conflicto distributivo y rol mediador del Estado.

2.2. Modelica para modelos macroeconómicos SFC

Los modelos SFC son sistemas en los cuales la dinámica surge de relaciones causales contables, balances sectoriales y mecanismos explícitos de ajuste stock-flujo [4,12,17] combinando identidades contables y reglas de comportamiento

dependientes del régimen, sin imponer condiciones de equilibrio en cada instante. Esta estructura los distingue de los modelos DSGE basados en optimización intertemporal y expectativas racionales.

Modelica es un lenguaje *acausal*: el modelador describe el sistema mediante ecuaciones fundamentales sin especificar el orden computacional de resolución. El compilador realiza manipulación simbólica —reducción de índice, clasificación de ecuaciones— y genera código numérico eficiente para integradores de DAEs (DASSL, CVODE). Para modelos SFC esta correspondencia es natural: las condiciones de consistencia se escriben en forma ecuacional y el compilador garantiza la integridad matemática por construcción. Además, Modelica maneja dinámicas híbridas —evolución continua interrumpida por eventos discretos como cambios de régimen político— y su arquitectura orientada a objetos facilita la construcción modular y la extensión del modelo [10].

3. El Modelo TED&POP

El nombre TED&POP alude a los cuatro activos del modelo: **Telares** (bienes de capital, *bk*), **Dólares** (divisa extranjera, *de*), **Ponchos** (bienes de consumo, *bc*) y **Pesos** (divisa local, *dl*).

Las *unidades* de estos activos se abrevian como *ubk*, *ude*, *ubc* y *udl*, respectivamente. Otras dos unidades son utilizadas a lo largo del trabajo: **año** y **trabajador** (tr).

3.1. Agentes, activos y supuestos generales

El modelo comprende cinco agentes: **Hogares** (proveen trabajo, reciben salarios y subsidios, consumen); **Firmas** (producen el bien de consumo, acumulan capital importado, exportan); **Gobierno** (recauda impuestos, transfiere subsidios para alcanzar una distribución del ingreso objetivo); **Banco Central** (administra reservas internacionales, regula el acceso a divisas); y **Resto del Mundo** (demanda exportaciones según una tendencia creciente con componente cíclica).

Racionalidad acotada de corto plazo. Los agentes se guían por objetivos locales y de corto plazo, sin considerar consecuencias a largo plazo ni para otros agentes. Las restricciones estructurales —como la balanza de pagos— emergen *ex-post* de la interacción de agentes miopes, en lugar de condicionar su comportamiento *ex-ante*.

Determinación del producto. El producto potencial [ubc/año] es:

$$y^*(t) = \min \left\{ \frac{k(t)}{s}, a(t)N(t) \right\}, \quad (1)$$

donde k es el acervo de capital [ubk], s la relación capital-producto [ubk-año/ubc], a la productividad laboral [ubc/tr-año] y N la fuerza de trabajo [tr]. El producto efectivo y [ubc/año] puede caer por debajo del potencial cuando la demanda agregada y^d [ubc/año] es insuficiente: $y(t) = \min\{y^d(t), y^*(t)\}$.

3.2. Ecuaciones principales

Hogares y conflicto distributivo. La productividad laboral incorpora cambio técnico endógeno [23], utilizando como proxy el cambio en el stock de capital: $\dot{a}(t) = \Omega_0 + \Omega_1 k(t)$, donde Ω_0 [1/año] y Ω_1 [1/ubk] son parámetros. El salario nominal [udl/tr-año] evoluciona según la brecha entre la tasa de empleo $e(t) = L(t)/N(t)$ [adimensional] y el umbral NAWRE τ [adimensional]:

$$\dot{w}(t) = \rho (e(t) - \tau), \quad (2)$$

donde ρ [1/año] es la intensidad de la lucha de clases y NAWRE se propone como una "Non-Accelerating Wage Rate of Employment". El consumo [udl/año] agrega la masa salarial $WB = wL$ [udl/año] y los subsidios gubernamentales [udl/año]:

$$C(t) = WB(t) + S(t) = w(t)L(t) + \theta_S(t)Y(t), \quad (3)$$

donde L [tr] es la fuerza de trabajo empleada, θ_S [adimensional] es la tasa de subsidios e Y [udl/año] es el producto efectivo.

Firmas e inversión restringida por divisas. La demanda de inversión (I^d [udl/año]) es la inversión deseada i^w [ubk/año] -que sigue una especificación kaleckiana- limitada por el cash stock disponible, pero la inversión efectiva i [ubk/año] está limitada por las divisas que el Banco Central asigna para importar bienes de capital:

$$i^w(t) = \pi u(t)^{\gamma_u} h(t)^{\gamma_h} k(t), \quad (4)$$

$$M(t) = \min\{I^d(t), cb(t) \cdot R(t) \cdot xr(t)\}, \quad (5)$$

donde u [adimensional] es la tasa de utilización de la capacidad, h [adimensional] la participación en ganancias, R [ude] las reservas internacionales, xr [udl/ude] el tipo de cambio nominal ⁵, cb [1/año] la tasa de reservas internacionales que el Banco Central habilita para la inversión y M [udl/año] las importaciones; π [1/año], γ_u [adimensional] y γ_h [adimensional] son parámetros. La acumulación de capital es:

$$\dot{k}(t) = i(t) - \delta k(t), \quad i(t) = M(t)/p_k, \quad (6)$$

donde δ [1/año] y p_k [udl/ubk] son parámetros.

Gobierno. El Gobierno ajusta la tasa de subsidios en respuesta a la brecha entre la participación salarial observada v [adimensional] y el objetivo de paz social $\bar{v}$ [adimensional], estilizada en una función logística:

$$\dot{\theta}_S(t) = \beta \theta_S(t) (1 - \theta_S(t)) (\bar{v} - v(t)), \quad (7)$$

donde β [1/año] es la intensidad de la intervención estatal. La estructura logística garantiza $\theta_S \in (0, 1)$ para todo t .

⁵ En este trabajo se asume exógeno y fijo.

Banco Central. La proporción de reservas entregada se determina por una función sigmoide que responde al ratio entre la demanda de inversión y las reservas disponibles:

$$cb(t) = cbd \cdot \left(1 + \exp \left(cbf \frac{I^d(t)}{R(t) \cdot xr(t)} - cbt \right) \right)^{-1}, \quad (8)$$

donde cbd [1/año], cbf [año] y cbt [adimensional] son parámetros. Las reservas evolucionan como $\dot{R}(t) = (X(t) - M(t))/xr(t)$, donde X [ude/año] son las exportaciones.

Resto del Mundo. La demanda mundial sigue una tendencia creciente con componente sinusoidal; el crecimiento de la demanda de exportaciones X_d^{usd} [ude/año] es proporcional al crecimiento del PIB mundial Y_W [ude/año]:

$$\hat{Y}_W(t) = A \sin(\omega t) + B, \quad \hat{X}_d^{usd}(t) = \eta \hat{Y}_W(t), \quad (9)$$

donde A [1/año], ω [1/año], B [1/año] y η [adimensional] son parámetros.

3.3. Consistencia stock-flujo y de activos

El modelo garantiza la consistencia *ex-post* del PIB en sus tres representaciones (producción, ingreso y gasto). Introduce además el concepto de *consistencia de activos*: unidades de un tipo de activo no se convierten en unidades de otro sin un proceso explícito que medie la transformación. Se implementa mediante cuatro matrices de flujos de transacciones —una por tipo de activo (dl , bc , de , bk)— en lugar de la matriz única estándar de la literatura SFC [4,12]. El compilador de Modelica verifica estas identidades en cada paso de integración, convirtiendo la consistencia contable en un invariante computacional.

3.4. Implementación en Modelica

La arquitectura sigue el paradigma orientado a objetos: cada agente macroeconómico es una clase independiente con sus propias variables de estado y ecuaciones. El módulo raíz (TEDPOP_Macro) instancia y conecta los cinco módulos. A continuación se presentan cuatro fragmentos representativos de los módulos principales.

El Listado 1.1 muestra las ecuaciones centrales del nivel superior: el conflicto distributivo (mecanismo de Goodwin) y la determinación del PIB como mínimo de las restricciones de oferta y demanda, implementado mediante la función auxiliar `pseudoMin` que aproxima el operador mín de forma diferenciable para el solver.

```

1 model TEDPOP_Macro
2   ...
3   equation
4     // Conflicto distributivo (dinamica de Goodwin)
5     employmentRate = LabourForce / Population;
6     der(averageWage) = struggleIntensity

```

```

7      * (employmentRate - NAWRE) * averageWage;
8      wageShare      = (averageWage * LabourForce
9                      + Subsidies) / GDP;
10     WageBill       = averageWage * LabourForce;
11     // Determinacion del PIB: min(oferta, demanda)
12     GDP_supply     = precio_poncho
13                   * pseudoMin(Capital / capitalOutputRatio,
14                               labourProductivity * Population);
15     GDP_demand     = Consumption + GovernmentSpending
16                   + Export_demand;
17     GDP             = pseudoMin(GDP_supply, GDP_demand);
18     ...
19 end TEDPOP_Macro;

```

Listing 1.1. Módulo TEDPOP_Macro: conflicto distributivo y determinación del PIB.

El Listado 1.2 ilustra las Firmas, mostrando la decisión de inversión con restricción híbrida (condicional según el nivel de caja), la oferta exportable y la acumulación de capital. La instrucción `if/then/else` dentro de la sección `equation` demuestra la capacidad de Modelica para manejar dinámicas híbridas de forma declarativa.

```

1 model Firms
2   ...
3   equation
4     // Inversion deseada (especificacion kaleckiana)
5     GrossInvestmentDesire =
6       (uci ^ elast_uci) * (profitShare ^ elast_h)
7       * Capital * precio_telar * timeCoef;
8     // Inversion demandada: restricción por caja
9     GrossInvestmentDemand =
10      pseudoIfGreaterThanOrEqualTo(CashStock + aux_hside,
11                                   GrossInvestmentDesire,
12                                   pseudoMin(GrossInvestmentDesire, Exports));
13     // Inversion efectiva: cupo de divisas del BCRA
14     GrossInvestmentActual =
15       min({GrossInvestmentDemand,
16            centralBankAllowance
17            * InternationalReserves * nominalXR});
18     Imports = GrossInvestmentActual;
19     Export_supply = GDP - Consumption
20                  - GovernmentSpending
21                  - InventAccum_desired * precio_poncho;
22     Exports = pseudoMin(Export_supply, Export_demand);
23     // Dinamica del capital y la caja
24     der(Capital) = NetInvestment;
25     der(CashStock) = Exports - Imports;
26     NetInvestment = GrossInvestmentActual / precio_telar
27                  - capitalDeprecRate * Capital;
28     uci = GDP / ((Capital / capitalOutRatio)
29                * precio_poncho);
30     profitShare = Profit / GDP;
31     Profit = GDP - WageBill - Taxes;
32     ...
33 end Firms;

```

Listing 1.2. Módulo Firms: inversión restringida por divisas y acumulación de capital.

El Listado 1.3 muestra el Gobierno. La ecuación diferencial de θ_S implementa directamente la regla fiscal endógena (Ec. 7), ilustrando la correspondencia directa entre la especificación matemática y el código Modelica:

```

1 model Government
2   ...
3   equation

```

```

4   Taxes          = (subsidiesRate + govSpendRate) * GDP;
5   Subsidies       = subsidiesRate * GDP;
6   GovernmentSpending = Taxes - Subsidies;
7   // Dinamica logistica del ratio de subsidios
8   der(subsidiesRate) = subsidiesRate * (1 - subsidiesRate)
9                       * (wageShareTarget - wageShare)
10                      * govResponseIntensity;
11 end Government;

```

Listing 1.3. Módulo Government: regla fiscal endógena.

El Listado 1.4 muestra el Banco Central. La función sigmoide que regula la entrega de divisas modela de forma continua y diferenciable el comportamiento discreto del BCRA ante cambios de régimen de reservas, evitando discontinuidades que dificultarían al solver DAE:

```

1 model CentralBank
2   ...
3 equation
4   // Dinamica de reservas (flujo neto de divisas)
5   der(InternationalReserves) =
6     (Exports - Imports) / nominalXR;
7   // Indice de restriccion de BoP (E = R*xr / Y)
8   bpConstraintIndex =
9     (InternationalReserves * nominalXR) / GDP;
10  // Proporción de reservas entregada: función sigmoide
11  sigmoidBCRA =
12    sigmoid(x = (GrossInvestmentDemand / nominalXR)
13             / (InternationalReserves + aux_div),
14             b = exp_k,
15             c = exp_x0);
16  centralBankAllowance = sigmoidBCRA;
17  ...
18 end CentralBank;

```

Listing 1.4. Módulo CentralBank: administración de reservas internacionales.

4. Resultados de Simulación

Las simulaciones se ejecutaron con OpenModelica [10] sobre 200 unidades de tiempo, utilizando el método numérico DASSL con una precisión relativa de $1E - 6$. Se contrastan dos escenarios: el escenario base (restricción por oferta exportadora) y uno alternativo (restricción por demanda exportadora), obtenido reduciendo la tasa media de crecimiento del PIB mundial de $B = 0,01$ a $B = 0,0089$.

4.1. Escenario base: dinámica restringida por oferta exportadora

Dinámica del producto. La Fig. 1 muestra la evolución del PIB junto a sus dos restricciones. El producto se determina predominantemente por el lado de la oferta; sin embargo, emergen episodios transitorios de restricción de demanda. Las tres representaciones del PIB (gasto, ingreso y producción) coinciden en todo momento, validando la consistencia contable implementada en Modelica.

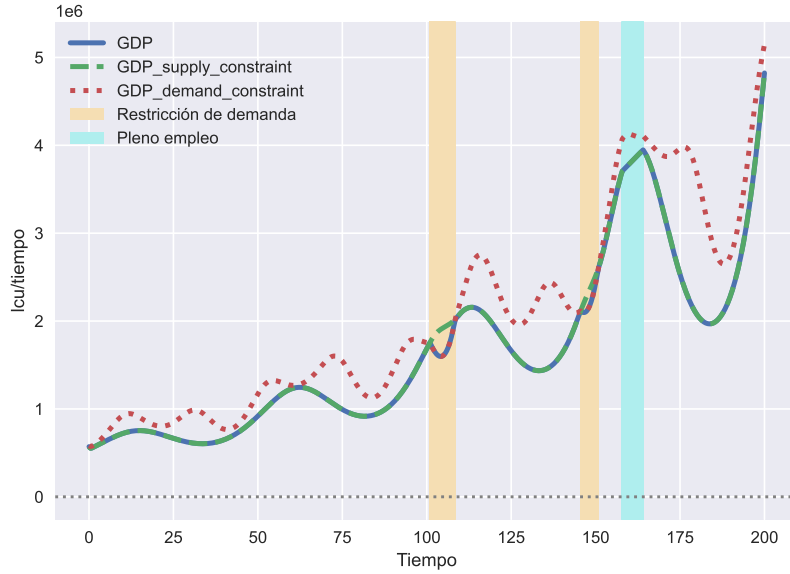


Figura 1. Producto y sus dos restricciones (oferta y demanda). Las bandas amarillas indican episodios de restricción de demanda; la banda celeste, pleno empleo.

Dinámica distributiva y ciclo depredador-presa. El modelo determina la participación salarial endógenamente mediante una dinámica tipo Goodwin. La Fig. 2 muestra las relaciones depredador-presa entre la participación salarial, la tasa de empleo, las exportaciones como proporción del PIB y el crecimiento del PIB mundial. El umbral NAWRE τ actúa como punto de equilibrio del conflicto.

Durante la *recuperación* (empleo bajo, salarios cayendo), los beneficios aumentan, se estimula la inversión y crece la productividad. Al expandirse el empleo, el poder de negociación de los trabajadores aumenta, los salarios superan la productividad y la participación salarial asciende. Esto reduce el excedente exportable, limita la acumulación de reservas, contrae la inversión y desencadena la *recesión*. En la *depresión*, el mayor desempleo reduce los salarios, el excedente exportable se recupera y el ciclo se reinicia.

Intervención del Estado. La regla fiscal endógena (Ec. 7) amortigua la amplitud del ciclo distributivo. La Fig. 3 muestra la participación salarial antes y después de subsidios e impuestos junto al objetivo $\bar{v}$. Al sostener la demanda interna, el Estado reduce el excedente exportable y la acumulación de reservas, creando la tensión central del trilema: la estabilización distributiva de corto plazo deteriora la solvencia externa en el mediano plazo.

Índice de restricción de balanza de pagos. El Índice de Restricción de BoP ($E = R \cdot xr/Y$ [año]) captura la fragilidad cambiaria. Durante la expansión,

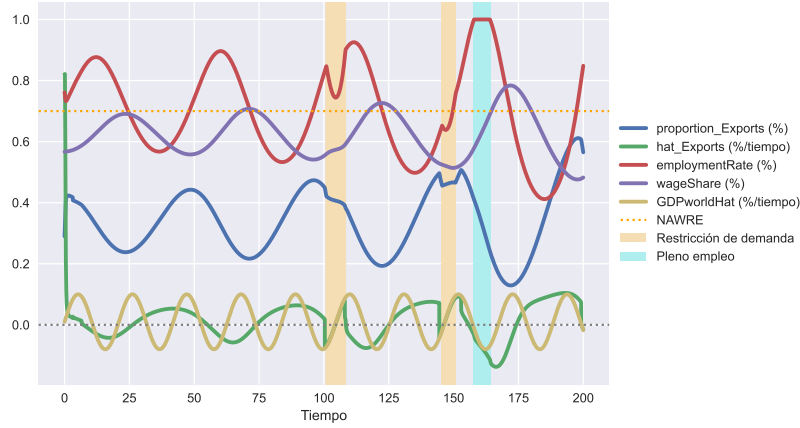


Figura 2. Dinámicas depredador-presa: exportaciones/PIB, participación salarial, tasa de empleo y crecimiento del PIB mundial. La línea punteada indica NAWRE τ .

el PIB crece mientras las reservas caen —el mayor consumo absorbe el excedente exportable—, deteriorando E . Esto induce comportamiento especulativo de las Firmas: ante la anticipación de devaluación, prefieren acumular inventarios antes que exportar, profundizando la restricción de divisas. El resultado es el patrón cíclico típico de economías periféricas: las cuentas externas mejoran durante la depresión y la recuperación, y se deterioran durante el crecimiento y la expansión.

4.2. Escenario alternativo: dinámica restringida por demanda exportadora

Divergencia estructural entre regímenes. La Fig. 4 contrasta los diagramas de fase $\hat{k}$ vs. $\hat{Y}$ en ambos regímenes. Bajo restricción de oferta, la relación es *lineal*: el PIB crece exclusivamente junto al capital. Bajo restricción de demanda, la relación es *no lineal*: la economía experimenta fases de crecimiento del PIB con desinversión (recuperación temprana) y fases de contracción del PIB pese a la expansión del capital (recesión). Esta no-linealidad emerge naturalmente de la formulación DAE sin requerir ningún supuesto ad hoc.

Dos caminos hacia la crisis. El modelo captura dos mecanismos estructuralmente distintos que convergen en el mismo resultado: la crisis de balanza de pagos. Bajo restricción de oferta, la BoP se deteriora porque el crecimiento doméstico agota el excedente exportable. Bajo restricción de demanda, la pérdida de reservas ocurren porque la insuficiente demanda externa coexiste con alta utilización de la capacidad (que estimula importaciones de bienes de capital) sin que las exportaciones generen las divisas compensatorias. En ambos casos, el conflicto distributivo mediado por el Estado actúa como amplificador endógeno del ciclo.

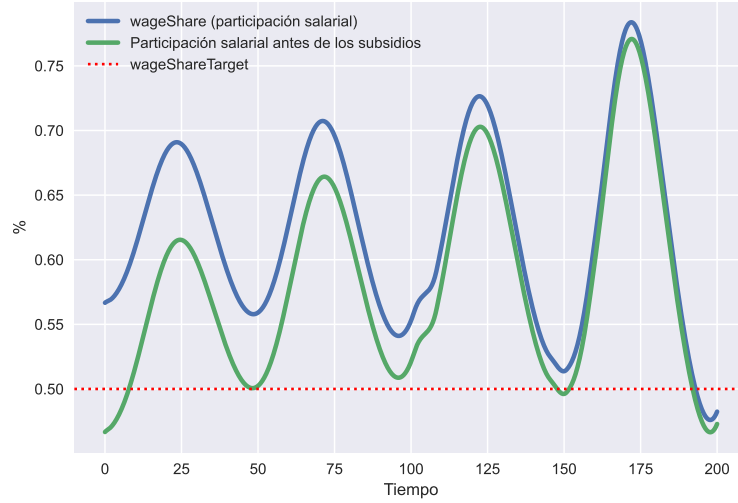


Figura 3. Participación salarial antes y después de subsidios, y objetivo de paz social $\bar{v}$ (línea punteada roja).

Cabe notar que, para este trabajo, los parámetros de todas las ecuaciones fueron elegidos para satisfacer el objetivo de analizar cualitativamente los posibles *modos de operación* del sistema, la emergencia misma del trilema postulado, y la preservación del sentido económico de los resultados. Por ello, sus valores numéricos no presentan una relevancia particular, como sí la tendrán cuando se realicen análisis de sensibilidad en trabajos futuros, incluyendo un estudio de robustez del fenómeno del trilema.

5. Conclusiones

En este trabajo desarrollamos TED&POP, un modelo de simulación SFC que formaliza el trilema de desarrollo de las economías periféricas: la imposibilidad de satisfacer simultáneamente los requisitos del crecimiento, la solvencia externa y un nivel de distribución del ingreso que garantice la paz social.

El modelo integra en un sistema coherente los determinantes de oferta y demanda de exportaciones [5,21], el conflicto distributivo tipo Goodwin [6,7,18] y la intervención estatal [3], revelando retroalimentaciones no lineales que los modelos parciales no capturan. Metodológicamente, la especificación en Modelica elimina la brecha de traducción entre teoría y cómputo, garantiza la consistencia stock-flujo por construcción, y provee un entorno reproducible y extensible. La arquitectura orientada a objetos —con módulos independientes por agente— facilita la incorporación de extensiones (múltiples sectores, flujos de capital, varios países) sin refactorizar el sistema completo.

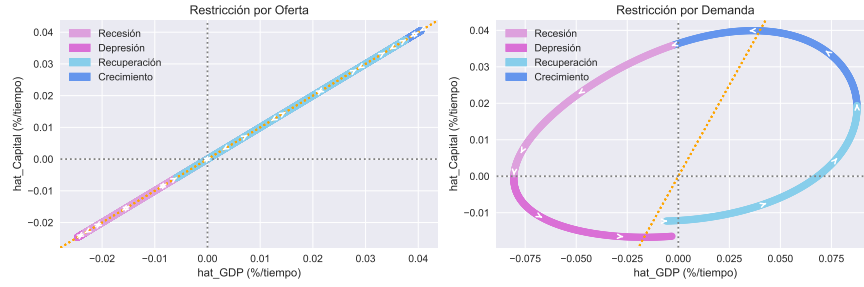


Figura 4. Diagramas de fase $\hat{k}$ vs. $\hat{Y}$ en ambos escenarios: restricción por oferta (izquierda) y por demanda (derecha). Las fases del ciclo se identifican por color: recuperación (celeste), crecimiento (azul), recesión (rosa) y depresión (violeta).

El modelo reproduce ciclos no lineales autosostenidos en los que el crecimiento del consumo desplaza el excedente exportable necesario para financiar la inversión, generando crisis recurrentes de BoP incluso bajo el supuesto del tipo de cambio y precios fijos. La regla fiscal endógena del Estado amortigua el conflicto distributivo pero crea una tensión de largo plazo entre estabilidad social y solvencia externa. El contraste entre escenarios evidencia que la fragilidad de la BoP emerge por mecanismos estructuralmente distintos según el régimen, con manifestaciones cíclicas análogas.

Las extensiones naturales incluyen la incorporación de flujos de capital y deuda pública, la endogeneización del tipo de cambio y precios flexibles, la extensión a múltiples sectores productivos con heterogeneidad tecnológica, y el análisis de sensibilidad sistemático mediante barridos paramétricos.

Referencias

1. Amit Bhaduri and Stephen Marglin. Unemployment and the real wage: the economic basis for contesting political ideologies. *Cambridge Journal of Economics*, 14(4):375–393, 1990.
2. Robert A. Blecker. New advances and controversies in the framework of balance-of-payments-constrained growth. *Journal of Economic Surveys*, 36(2):429–467, 2022.
3. Robert Boyer. *La teoría de la regulación: un análisis crítico*. Editorial Hvmánitas, 1989.
4. Eugenio Caverzasi and Antoine Godin. Post-Keynesian stock-flow-consistent modelling: a survey. *Cambridge Journal of Economics*, 39(1):157–187, 2015.
5. Mario Cimoli and Gabriel Porcile. Technology, structural change and BoP-constrained growth: a structuralist toolbox. *Cambridge Journal of Economics*, 38(1):215–237, 2014.
6. Marwil J. Dávila-Fernández and Gilberto A. Libânio. Goodwin cycles and the BoPC growth paradigm: A macrodynamic model of growth and fluctuations. *Economía*, 17(3):324–339, 2016.
7. Marwil J. Dávila-Fernández and Serena Sordi. Distributive cycles and endogenous technical change in a BoPC growth model. *Economic Modelling*, 77:216–233, 2019.

8. Peter Fritzson. *Principles of Object-Oriented Modeling and Simulation with Modelica 3.3: A Cyber-Physical Approach*. Wiley-IEEE Press, 2 edition, 2015.
9. Peter Fritzson and Vadim Engelson. Modelica — a unified object-oriented language for system modeling and simulation. *Lecture Notes in Computer Science*, 1445, 1998.
10. Peter Fritzson, Adrian Pop, Karim Abdelhak, Adeel Asghar, Bernhard Bachmann, Willi Braun, Daniel Bouskela, Robert Braun, Lena Buffoni, Francesco Casella, Rodrigo Castro, Rüdiger Franke, et al. The OpenModelica integrated environment for modeling, simulation, and model-based development. *Modeling, Identification and Control*, 41(4):241–295, 2020.
11. Pablo Gerchunoff and Martín Rapetti. La economía argentina y su conflicto distributivo estructural (1930–2015). *El Trimestre Económico*, 83(330):225–272, 2016.
12. Wynne Godley and Marc Lavoie. *Monetary Economics: An Integrated Approach to Credit, Money, Income, Production and Wealth*. Springer, 2016.
13. Richard M. Goodwin. A growth cycle. In Charles H. Feinstein, editor, *Socialism, Capitalism and Economic Growth*, pages 54–58. Cambridge University Press, Cambridge, 1967.
14. Michał Kalecki. Class struggle and the distribution of national income. In *Selected Essays on the Dynamics of the Capitalist Economy 1933–1970*, pages 156–164. Cambridge University Press, Cambridge, 1971.
15. Modelica Association. *Modelica — A Unified Object-Oriented Language for Systems Modeling: Language Specification, Version 3.7*. Modelica Association, 2023.
16. Juan Carlos Moreno-Brid. On capital flows and the balance-of-payments-constrained growth model. *Journal of Post Keynesian Economics*, 21(2):283–298, 1998.
17. Michalis Nikiforos and Gennaro Zezza. Stock-flow consistent macroeconomic models: A survey. *Journal of Economic Surveys*, 31(5):1204–1239, 2017.
18. Hiroshi Nishi. Balance-of-payments-constrained cyclical growth with distributive class conflicts and productivity dynamics. *Metroeconomica*, 70(4):620–640, 2019.
19. Juan Carlos Portantiero. Economía y política en la crisis argentina: 1958–1973. *Revista Mexicana de Sociología*, pages 531–565, 1977.
20. Raúl Prebisch. El desarrollo económico de la América Latina y algunos de sus problemas. Technical report, CEPAL, 1949.
21. Arslan Razmi. Correctly analysing the balance-of-payments constraint on growth. *Cambridge Journal of Economics*, 40(6):1581–1608, 2016.
22. Horst W. Rittel and Melvin M. Webber. Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences*, 4(2):155–169, 1973.
23. Robert M. Solow. Investment and technical progress. In Kenneth J. Arrow, Samuel Karlin, and Patrick Suppes, editors, *Mathematical Methods in the Social Sciences*, pages 89–104. Stanford University Press, Stanford, CA, 1960.
24. Anthony P. Thirlwall. The balance of payments constraint as an explanation of international growth rate differences. *PSL Quarterly Review*, 32(128):45–53, 1979.