

Análisis Sistémico y Modelación Estructural de la Crisis Fiscal Regional y Nacional en Bolivia: Propuesta de Resiliencia y Diversificación desde la Universidad Evangélica Boliviana

Systemic Analysis and Structural Modeling of the Regional and National Fiscal Crisis in Bolivia: A Proposal for Resilience and Diversification from the Bolivian Evangelical University

Autores:

Roberto Carlos Vera
Facultad de Ciencias y Tecnología Universidad Evangélica Boliviana
Santa Cruz-Bolivia
<https://orcid.org/0000-0002-3335-9832>
robertormc@gmail.com

Mauricio Alejandro Salas Peña
Facultad de Ciencias y Tecnología Universidad Evangélica Boliviana
Santa Cruz-Bolivia
<https://orcid.org/0009-0000-5197-388X>
mauricioalejandrosalas@gmail.com

Caril Ivanna Caballero Saavedra
Docente de la Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad Autónoma "Gabriel Rene Moreno"
Santa Cruz-Bolivia
<https://orcid.org/0009-0004-0633-9811>
carilcaballero@uagrm.edu.bo

Israel Paniagua Arandia
Docente de la Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad Autónoma "Gabriel Rene Moreno"
Santa Cruz-Bolivia
<https://orcid.org/0009-0009-1536-4265>
ispabus1@gmail.com

José Antonio Alberti Uzqueda
Docente de la Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad Autónoma "Gabriel Rene Moreno"
Santa Cruz-Bolivia
<https://orcid.org/0009-0005-8482-5062>
joseantonioalberti@gmail.com

Autor de correspondencia: Roberto Carlos Vera, robertormc@gmail.com

Recepción: 31-agosto-2026 **Aceptación:** 7-septiembre-2026 **Publicación:** 16-septiembre-2026

Cómo citar este artículo:

Vera, R. C., Salas Peña, M. A., Caballero Saavedra, C. I., Paniagua Arandia, I., & Alberti Uzqueda, J. A. (2026). Análisis sistémico y modelación estructural de la crisis fiscal regional y nacional en Bolivia: propuesta de resiliencia y diversificación desde la Universidad Evangélica Boliviana. *Revista Multidisciplinaria Perspectiva Científica*, 1-21. <https://rmpc.editorialgutierrez.com/index.php/rmpc/article/view/21>

RESUMEN

La crisis fiscal que atraviesa Bolivia en el periodo 2024-2025, no constituye un fenómeno coyuntural transitorio, sino se evidencia la manifestación de un colapso sistémico inherente al modelo extractivo-rentista de financiamiento público. Bajo un enfoque de la Dinámica de Sistemas Complejos, este estudio modela el comportamiento de las finanzas públicas del departamento de Santa Cruz y de las Entidades Territoriales Autónomas (ETAs) de Bolivia como un Sistema Adaptativo Complejo, caracterizado por bucles de realimentación reforzadores, retardados temporales y comportamientos no lineales. La metodología se fundamentó en la formulación de un modelo físico dinámico de ecuaciones diferenciales stock-flujo, calibrado con la información presupuestaria y macroeconómica de fuentes oficiales y privadas (2014-2025). Los resultados demuestran que el acelerado agotamiento de las reservas de gas natural ha desencadenado una trampa de sobreendeudamiento; en el Municipio de Santa Cruz de la Sierra, el servicio de la deuda (1.019 M Bs en 2025) absorbe el 75,4% de sus ingresos propios, superando 2,7 veces la inversión pública combinada de los seis municipios metropolitanos. En las conclusiones se sintetiza la simulación que evidencia un punto de bifurcación crítica hacia 2027 bajo el escenario tendencial evaluado como alternativa al rescate fiscal convencional, se demuestra que un cambio en la topología del sistema genera un bucle reforzador en la productividad que estabiliza la trayectoria fiscal e incrementa la resiliencia económica nacional.

Palabras clave: Crisis Fiscal, dinámica de sistemas complejos, modelo Stock-Flujo, sobreendeudamiento subnacional, resiliencia fiscal

ABSTRACT

The fiscal crisis facing Bolivia during the 2024-2025 period is not merely a temporary cyclical phenomenon; rather, it represents the manifestation of a systemic collapse inherent in the extractive rentier model of public financing. Using a Complex Systems Dynamics approach, this study models the behavior of the public finances of the Department of Santa Cruz and Bolivia's Autonomous Territorial Entities (ETAs) as a Complex Adaptive System characterized by reinforcing feedback loops, time delays, and nonlinear behavior. The methodology was based on the formulation of a dynamic physical stock-flow differential equation model, calibrated using budgetary and macroeconomic data from official and private sources (2014-2025). The results demonstrate that the rapid depletion of natural gas reserves has triggered an over-indebtedness trap; in the Municipality of Santa Cruz de la Sierra, debt servicing (Bs 1.019 billion in 2025) absorbs 75.4% of its own-source revenues, exceeding by 2.7 times the combined public investment of the six metropolitan municipalities. The conclusions summarize a simulation showing a critical bifurcation point by 2027 under the baseline trend scenario. As an alternative to conventional fiscal bailout measures, the study demonstrates that a change in the system's topology generates a productivity-reinforcing feedback loop that stabilizes the fiscal trajectory and increases national economic resilience.

Keywords: Fiscal crisis, dynamics of complex systems, stock-flow model, subnational over-indebtedness, fiscal resilience.

1. INTRODUCCIÓN

La economía boliviana atraviesa en el período 2024-2025 una de las crisis fiscales más severas de su historia reciente, caracterizada por un déficit fiscal que, según datos oficiales, alcanzó el 12,2% del Producto Interno Bruto (PIB) al cierre de 2025 (Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, 2025). Este fenómeno, no constituye un evento coyuntural atribuible a factores exógenos transitorios, sino la manifestación crítica de un colapso sistémico estructural inherente al modelo extractivo-rentista de financiamiento público que ha caracterizado a Bolivia durante las últimas dos décadas. Como señala acertadamente el Growth Lab de la Universidad de Harvard, “la crisis monetaria de Bolivia es, en el fondo, una crisis fiscal: mientras el Gobierno siga financiando su déficit a través del banco central y la emisión monetaria, las presiones inflacionarias y la pérdida de reservas internacionales se intensificarán” (Growth Lab, 2026, p. 4). El deterioro de las finanzas públicas bolivianas presenta indicadores que, en su conjunto, configuran un panorama de fragilidad sistémica sin precedentes. Las Reservas Internacionales Netas (RIN), que en 2014 superaban los 14.000 millones de dólares, se desplomaron a menos de 2.000 millones de dólares a fines de 2024, recuperándose parcialmente a 2.881 millones de dólares en agosto de 2025 como resultado de políticas de compra de oro y operaciones financieras específicas (Banco Central de Bolivia, 2025). Esta contracción de las reservas, equivalente a una pérdida de aproximadamente el 85% del stock de divisas en una década, refleja el agotamiento del modelo de crecimiento basado en el gasto público financiado con ingresos hidrocarburíferos. Al respecto, el Fondo Monetario Internacional (FMI) proyecta para 2025 una inflación del 15,8% y un crecimiento del PIB real de apenas 1,1% (Fondo Monetario Internacional, 2025), mientras que el Banco Mundial estima una contracción del PIB del 0,5% para el mismo período, ubicando a Bolivia entre los desempeños económicos más débiles de la región (Banco Mundial, 2025) (CEPAL, 2025).

La teoría de Sistemas Complejos Adaptativos (CAS), desarrollada inicialmente por Jay W. Forrester (1961) en el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y formalizada para la evaluación de sustentabilidad macroeconómica y políticas públicas por John D. Sterman

(2000), ofrece un marco analítico superior al enfoque neoclásico de equilibrio general para comprender la dinámica subyacente de esta crisis. Como señalan los estudios de dinámica de sistemas aplicados a la acumulación de deuda en países en desarrollo, este método permite analizar la relación entre la estructura y el comportamiento de los sistemas dinámicos complejos, considerando la política fiscal como el elemento estratégico del proceso de acumulación de deuda (Stermán, 2000). En esta perspectiva, las economías regionales no son sistemas estáticos en equilibrio, sino sistemas dinámicos no-lineales caracterizados por acumulaciones (stocks), flujos (flows), bucles de realimentación (feedback loops) y retardos temporales (delays) que determinan trayectorias de comportamiento frecuentemente contraintuitivas (Forrester, 1961; Stermán, 2000).

La evidencia del eje central de la crisis fiscal boliviana reside en el agotamiento de las reservas de gas natural, principal fuente de ingresos fiscales del país. Según el último informe financiero de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB), las reservas probadas de gas natural cayeron a 4,49 TCF (trillones de pies cúbicos) al cierre de 2023, lo que representa una pérdida del 57% de las reservas en relación con períodos anteriores (YPFB, 2025). La producción de gas natural, que alcanzó un pico de 22 millones de metros cúbicos diarios en 2014, se ha reducido progresivamente hasta niveles críticos, con una caída del 16% en el primer trimestre de 2025 en comparación con el mismo período de 2024 (Instituto Nacional de Estadística, 2025). Este agotamiento ha impactado directamente en los recursos del Impuesto Directo a los Hidrocarburos (IDH), que constituye la principal fuente de financiamiento para las gobernaciones y municipios del país (Fundación Jubileo, 2024).

Ante esta evidencia se observa que la dependencia de los gobiernos subnacionales respecto del IDH y las transferencias del Tesoro General de la Nación (TGN), ha generado una vulnerabilidad estructural que la crisis actual ha puesto en evidencia de manera dramática. Un análisis cuantitativo del endeudamiento subnacional en Bolivia advierte que, si bien los niveles actuales de deuda se encuentran dentro de límites razonables, preocupa que su repago dependa de recursos relacionados con el sector de hidrocarburos y esté muy

pobremente respaldado por recursos generados en las economías locales (Fundación Jubileo, 2024). Esta advertencia cobra particular relevancia en el contexto del Departamento de Santa Cruz, donde los ingresos por IDH cayeron un 82% para las gobernaciones entre 2016 y 2026, y en los municipios de la región metropolitana de Santa Cruz, donde la reducción alcanzó el 68% en el mismo período. Además, se observó que más del 75% de los municipios del departamento de Santa Cruz mantienen una dependencia operativa crítica de estas transferencias, lo que los expone directamente al colapso fiscal derivado del agotamiento hidrocarburífero (Observatorio de Presupuesto Fiscal Metropolitano, 2025).

En cuanto a la inversión pública, que promedió el 11% del PIB entre 2010 y 2024, cayó a aproximadamente el 4,2% del PIB hacia 2025, reflejando la contracción de la capacidad fiscal del Estado para sostener el gasto de capital (Fundación Jubileo, 2025). Esta caída ha sido particularmente severa en los niveles subnacionales, donde la ejecución de la inversión pública en 2025 alcanzó apenas el 36,5% de lo presupuestado, el nivel más bajo de los últimos seis años (MEFP, 2025). La Fundación Jubileo, institución especializada en el análisis de las finanzas públicas bolivianas, ha documentado que el país acumula 12 años consecutivos de déficit fiscal, con un “profundo déficit fiscal y mayor endeudamiento externo e interno”, advirtiendo que “continuará un profundo déficit fiscal y mayor endeudamiento; a su vez, mayor gasto corriente y menor inversión pública” (Fundación Jubileo, 2024, p. 15). Esta tendencia estructural ha llevado a que el servicio de la deuda pública mantenga un constante crecimiento con un incremento promedio del 51,9 por ciento hasta octubre de 2025 (Fundación Jubileo, 2025), generando un círculo vicioso de endeudamiento que desplaza la inversión pública productiva.

Ante esta descripción, en el presente artículo se consideró la aplicación de los principios físicos de la dinámica de sistemas complejos, enfocados en el análisis de la crisis fiscal boliviana que se atraviesa este 2026, bajo las observaciones desarrolladas en el departamento de Santa Cruz, el mismo que concentra a la mayor población de Bolivia, donde a partir de esta se realiza una extrapolación a los demás departamentos del interior

(Growth Lab, 2026). Enfocados en la interrogante planteada de ¿puede un cambio en la topología del sistema fiscal, mediante la inyección de innovación tecnológica y capital de conocimiento, revertir la trayectoria de colapso sin depender de un rescate del tesoro general de la nación? Para responder a esta interrogante, el artículo se estructura en torno a un modelo matemático-físico de balance hidro-financiero que cuantifica la trayectoria de agotamiento del capital de inversión pública y propone un mecanismo de resiliencia sistémica basado en la conversión del conocimiento académico en valor agregado para el apalancamiento de la situación en la cual se atraviesa.

2. METODOLOGÍA

La investigación se fundamentó en la aplicación de la metodología de la dinámica de sistemas desarrollado por Jay W. Forrester, esta traduce el modelo físico-matemático de ecuaciones diferenciales no lineales, que se usan en movimiento de sistemas (Sistemas Dinámicos), como una aplicación al comportamiento de ciudades. Junto a este concuerda con el análisis de políticas públicas por John Sterman (2000), estos enfoques permiten los siguientes aspectos:

- *Identificar variables de estado (Stocks)*: Acumulaciones de capital físico, fondo de inversión pública y deuda pública acumulada.
- *Cuantificar tasas de flujo (Flows)*: Analiza las entradas (recaudaciones, IDH, regalías) y salidas (deudas y gastos corrientes)
- *Mapeo de bucles causales*: permitiendo analizar los circuitos cerrados de realimentación usualmente son reforzadores o balanceadores imponiendo límites físicos o institucionales
- *Incorporar retardados temporales*: permite analizar los desfases entre decisiones presupuestarias, agotamiento de recursos y los efectos social-económico.

Bajo estos aspectos el desarrollo se sustentó en fuentes de información de:

- i. *Sistema Integrado de Gestión Pública*: datos de ejecución presupuestaria de la Gobernación de Santa Cruz y municipios metropolitanos (2014-2025).

- ii. *Memorias de la Economía del Estado Plurinacional de Bolivia del ministerio de economía y finanzas públicas*, descritas en los anuarios 2024-2025.
- iii. *Informes de organizaciones no gubernamentales como Fundación Jubileo*, basados en la sostenibilidad fiscal y destino del presupuesto público.
- iv. *Datos del Instituto Nacional de Estadística (INE)*, con referente al PIB, producción de hidrocarburos y actividad económica descrita en su sitio web.
- v. *Informas de la empresa estatal YPFB*, descritas y publicadas en los anuarios de producción de gas.
- vi. *Proyecciones del FMI*, para el análisis de crecimiento bajo las tendencias económicas retrospectivas y prospectivas.

Con estos aspectos se desarrolló el modelado de la trayectoria del capital de inversión pública disponible donde se aplicó la ecuación diferencial de balance hidrofinanciero.

$$\frac{dK_t}{dt} = R_{(t)} + I_{ext(t)} - \gamma K_{(t)} - D_t$$

Dónde: $K_{(t)}$, es el capital disponible para inversión pública en el tiempo.

$R_{(t)} = R_0 e^{-\alpha t}$, es el flujo de ingresos fiscales totales conocidos (IDH, regalías, ingresos propios) con una contante de agotamiento de $\alpha = 0.18$ por año
 γ , coeficiente de rigidez

D_t , describe representa explícitamente el servicio de deuda u otra salida financiera.

$I_{ext(t)}$, inyección exógena por innovación tecnología y capital de conocimiento.

También se consideró que cuando los egresos obligatorios superan la totalidad del flujo impositivo entrante se descrito por:

$$\frac{dK_t}{dt} \leq 0$$

De esta manera el modelo físico-matemático presentado se aplicó a los datos económicos que se encuentran publicados para la región de Santa Cruz y extrapolados para las demás regiones del país, mediante la identificación de parámetros estructurales comunes como: dependencia de transferencia de hidrocarburos, la rigidez del gasto corriente y ausencia de mecanismos de diversificación productiva. En este entendido se toman en cuenta las

especificaciones de cada departamento en los términos de composición de ingresos más relevantes en regalías mineras para las regiones del altiplano (Potosí y Oruro), hidrocarburos para las regiones de Tarija y Chuquisaca, como también los niveles de endeudamiento.

3. RESULTADOS

Para comprender la trayectoria de colapso fiscal y sus implicaciones sobre el capital humano y la productividad regional, se aplicó el modelos de simulación basado en la dinámica de sistemas, estos resultados integran las distintas variables de estado, flujos y bucles de realimentación identificados con base a los datos publicados en el Ministerio de Economía y Finanzas Públicas (SIGEP, 2026) bajo el censo de población y vivienda, el atlas fiscal municipal e informes de la gobernación de Santa Cruz. La Región Metropolitana de Santa Cruz (RMSC) constituye el principal polo de desarrollo humano y económico del país. Integrada por seis municipios de Santa Cruz de la Sierra, La Guardia, Warnes, Cotoca, El Torno y Porongo, la RMSC concentra 2.095.382 habitantes según datos del INE (2022), lo que representa el 18,4% de la población nacional en una superficie de 6.743 km² que apenas equivale al 1,8% del territorio departamental.

Es así que la modelación del stock de capital de inversión para este departamento en función del ingresos y egresos por fasto corriente y servicio de deuda. La dinámica de inversión, endeudamiento y gasto educativo de los seis municipios metropolitanos, con énfasis en la ciudad capital de Santa Cruz de la Sierra. En cuanto a la acumulación de años de educación, cobertura educativa y productividad laboral, condicionada por la inversión pública en educación y la dinámica demográfica. De esta manera la inversión pública con la productividad privada, la base imponible y los ingresos propios, cerrando los bucles causales identificados.

Bajo estos parámetros se aplicó la ecuación diferencial mediante el método de Euler con paso anual, calibrado con los datos históricos (2014–2025) y proyectado al horizonte 2026–2035 bajo diferentes escenarios de política fiscal. En la siguiente tabla 1 se presenta los

parámetros estructurales estimados para cada subsistema, junto con su significado sistémico.

Tabla 1: Parámetros Estructurales del Modelo de Dinámica de Sistemas para la RMSC

Subsistema	Parámetro	Símbolo	Valor Estimado	Unidad	Significado Sistémico
Fiscal Dpto.	Tasa de agotamiento del IDH	α	0,18–0,22	año ⁻¹	Velocidad de decaimiento de los ingresos hidrocarburíferos; refleja el agotamiento físico de reservas
	Coeficiente de rigidez del gasto corriente	γ	0,12	año ⁻¹	Porción del gasto corriente que es inelástica a la baja; captura la inercia administrativa
	Tasa de crecimiento del servicio de deuda	λ	0,15	año ⁻¹	Incremento anual del servicio de deuda por intereses y refinanciación
	Elasticidad de ingresos propios respecto a inversión	η	0,30	adimensional	Cambio porcentual en ingresos propios por cada 1% de cambio en inversión pública
Fiscal Municipal	Deuda inicial del Municipio SCZ (2025)	D_0	1.019	Bs millones	Stock de deuda acumulada que genera el flujo de servicio
	Razón deuda/ingresos propios crítica	ϑ_{crit}	0,60	adimensional	Umbral más allá del cual el servicio de deuda desplaza la inversión
	Tasa de inversión municipal promedio	t	0,10 – 0,15	anual	Fracción del presupuesto municipal destinada a inversión pública

Capital Humano	Tasa de retorno de la inversión educativa	ρ	0,08	año ⁻¹	Incremento en años de estudio por cada Bs 1.000 adicional invertido per cápita
	Elasticidad productiva d-educación	ε	0,50	adimensional	Cambio en productividad laboral por cambio en años de estudio
	Tasa de obsolescencia del conocimiento	δ	0,02	año ⁻¹	Pérdida de habilidades por cambio tecnológico; erosiona el stock de capital humano acumulado
	Tasa de crecimiento demográfico	n	0,055	año ⁻¹	Crecimiento anual de la población de la RMSC
Realimentación	Multiplicador de inversión pública	m	1,8	adimensional	Impacto total en el PIB regional por cada unidad de inversión pública
	Retardo temporal de impacto	τ	2 – 3	años	Tiempo entre la inversión y su efecto sobre la productividad

Fuente: Extraído y analizado de base de datos SIGEP/MEFP, anuario YPFB, OFPDT y literatura especializada.

Bajo estos parámetros la simulación del escenario tendencial asume la continuidad de las políticas fiscales actuales, bajo estos parámetros se presenta los resultados a partir de los datos conocidos en el 2025 y las proyecciones a 2030 y 2035.

Tabla 2: Simulación del Escenario Tendencial - Indicadores Clave de la RMSC (2025–2035)

Variable	2025 (Ejecutado)	2030 (Proyectado)	2035 (Proyectado)	Variación 2025- 2035
Ingresos IDH Gobernación (Bs M)	43,1	28,5	18,9	-56,2%
Inversión Pública GADSC per cápita (Bs/hab)	37	22	13	-64,9%

Capacidad de gestión propia GADSC (Bs M)	701	540	410	-41,5%
Inversión Total Municipal RMSC (M. Bs.)	374	312	258	-31,0%
Servicio deuda SCZ (M.Bs.)	1.019	1.490	2.180	+113,9%
Razón Deuda/Ingresos Propios SCZ	0,754	0,892	1,050	+39,3%
Gasto educativo per cápita SCZ (Bs/hab)	134	112	95	-29,1%
Años promedio de estudio RMSC	10,2	10,5	10,7	+4,9%
NBI educativo (%) — RMSC	28,5	31,2	35,0	+22,8%
PIB regional real (índice 2025=100)	100,0	94,2	87,6	-12,4%

Nota: Las proyecciones se basan en el modelo de simulación calibrado con datos históricos 2014–2025. Las cifras en Bs millones están en términos nominales constantes (base 2025).

Estos valores de la tabla 2, evidencian el decaimiento acelerado del IDH, donde la tasa de agotamiento es del 0.18, lo que implica que los ingresos por este ítem tienden a una caída de 18,9 millones de Bs para el 2035, un nivel insuficiente para cubrir incluso el gasto corriente básico. Este decaimiento refleja el agotamiento físico de las reservas de gas natural, conforma a las estadísticas de YPFB (2023-2024-2025). Dentro de la inversión pública departamental de Santa Cruz per cápita caería de 13 Bs por habitante en 2035, lo que implicaría la parálisis funcional de la infraestructura regional, siendo insuficiente para el mantenimiento de los servicios básicos de la red vial, hospitalaria y educativa, generando un efecto del deterioro acelerado. El servicio de deuda del municipio de Santa Cruz de la Sierra alcanzaría 2.180 millones de Bs. para 2035, superando el 100% de los ingresos propios (razón deuda/ingresos >1,0). Esto implica que la totalidad de los recursos propios del municipio se destinarían al pago de deuda, dejando cero recursos para inversión municipal y servicios públicos no cubiertos por transferencias.

En cuanto al capital humano, los años promedio de estudio aumenta ligeramente (por efecto de inercia generacional), el índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) en la educación empeora debido al estancamiento de la inversión educativa per cápita. La caída del gasto educativo por habitante implica que el sistema formativo no puede mantener la calidad, generar habilidades demandadas por el mercado laboral, ni reducir las brechas intermunicipales. Si embargo, la caída del PIB regional real del 12,4% entre 2025 y 2035

refleja el efecto combinado de la reducción de la inversión pública (multiplicador $m=1,8$), la degradación del capital humano ($\epsilon=0,50$) y la contracción de la demanda agregada. Esta trayectoria implica una recesión prolongada que profundizaría la pobreza y la informalidad. Para identificar los puntos de bifurcación del sistema, se realizó un análisis de sensibilidad variando los parámetros críticos: la tasa de agotamiento del IDH (α), la tasa de crecimiento de la deuda (λ) y la elasticidad de ingresos propios respecto a la inversión (η), derivando en el siguiente resultado.

Tabla 3: Análisis de Sensibilidad—Umbrales de Colapso del Sistema Fiscal de la RMSC

Escenario	α (año ⁻¹)	λ (año ⁻¹)	η	Año de Colapso t^*	Inversión per cápita 2030 (Bs/hab)	Razón Deuda/Ingresos 2030	Observación Sistémica
Tendencial	0,18	0,15	0,30	2027	22	0,89	Colapso irreversible en < 5 años
Optimista (baja deuda)	0,18	0,10	0,35	2029	28	0,72	Retraso del colapso, pero no lo evita
Pesimista (alta extracción)	0,22	0,15	0,25	2026	18	0,95	Colapso inminente (< 2 años)
Reforma fiscal 50/50	0,18	0,15	0,30	Nunca	58	0,55	Estabilización con inversión positiva
Inyección tecnológica industrial SCZ	0,18	0,12	0,45	Nunca	52	0,61	Resiliencia mediante innovación

Nota: El año de colapso t^* se define como el instante en que la razón deuda/ingresos supera el umbral crítico $\vartheta_{crit} = 0.60$ y la inversión per cápita cae por debajo de Bs 30/hab (nivel mínimo para mantenimiento básico).

Con respecto a estos resultados de la tabla 3, el escenario de la tendencia permite evidenciar que el sistema fiscal de la RMSC tiende a alcanzar probablemente en un punto de colapso irreversible en el 2027, en base a los datos publicados en el 2025 mismo que evidencia una condición sistémica de bifurcación con pérdida de equilibrio. Tomando en

cuenta una prospección de ingresos propios crítico de $\vartheta_{crit} = 0.60$ con este valor se tiene la tendencia de 0,89 en 2030, la inversión per cápita cae a 22Bs/hab., muy por debajo del nivel de mantenimiento mínimo. Considerando el análisis de coparticipación tributaria 50/50, propuesta por algunas regiones (Santa Cruz, Potosí, La Paz entre otros) como una alternativa económica que permite evitar el colapso económico del país. Para la gobernación de Santa Cruz, se estimaría un ingreso adicional de 1.996 millones de Bs anuales, estimando una inversión per cápita de recuperación a 58Bs/hab. en 2030, donde la razón deuda/ingresos se estabilizaría en 0,55 por debajo del umbral crítico. Es relevante la zona industrial que concentra esta región tiende a inyectar una tecnología industrial productiva, esta acción incrementa la elasticidad η considerando los ingresos propios de 0,30 a 0,45 estos resultados demuestran que la inversión privada es muy importante. Este impide un colapso sin necesidad de modificar la estructura de coparticipación, aunque el escenario combinado de reformas e inyección tecnológica sería el más robusto.

Dentro de la evidencia de la región Metropolitana de Santa Cruz (RMSC), se evidencia que la capital humano a tenido una progresión significativa y junto a ello la creciente demanda educativa, siendo que este ítem es una de las más evidentes con el asentamiento de nuevas universidades para la formación de estudios superiores, al mismo en esta etapa se lo considera como un stock, acorde al flujo de inversión educativa privada ampliando la dinámica demográfica, aplicando la siguiente ecuación

$$H_{(t+1)} = H_t + \rho I_{edu(t)} - \delta H_{(t)} - nH_{(t)}$$

Dónde: $H_{(t)}$, representa los años de estudio en un tiempo promedio curricular.

$I_{edu(t)}$, inversión pública en educación per cápita en Bs dato del 2025

$\rho = 0.08$, tasa de retorno de la inversión educativa (años de estudio adicionales por cada Bs 1.000 adicionales)

$\delta = 0.02$, tasa de obsolescencia del conocimiento (pérdida de habilidades por cambio tecnológico)

$n = 0.055$, tasa de crecimiento demográfico (disuelve el stock per cápita)

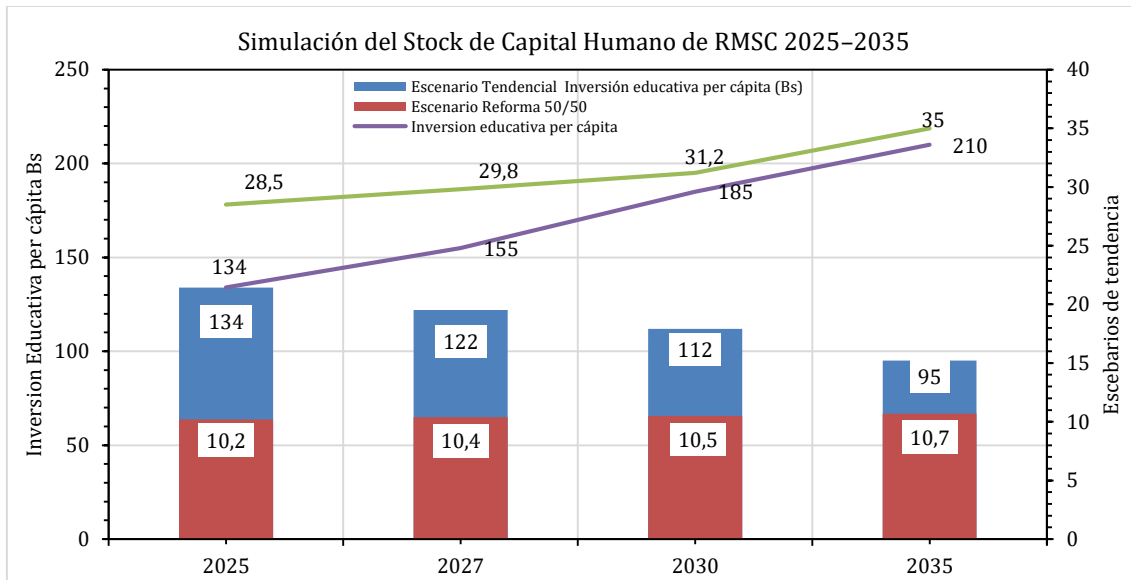


Figura 1: Aplicación del Modelo de Stock-Flujo en la Dinámica del Capital Humano en base informes anuales 2024-2025.

Fuente: Simulación con modelo de Dinámica de Sistemas con base a los datos del IGEF, y literatura (Hanushek & Woessmann, 2020).

Estos resultados descritos en la figura 1 muestra los escenarios de tendencia bajo datos del 2025 que pueden ser oscilantes o variantes en el tiempo, la inversión educativa per cápita cae un promedio 29% (de 134Bs. a 95Bs.), lo que reduce la capacidad del sistema para generar años de estudio adicionales y críticamente, aumenta el NBI educativo del 28,5% al 35,0%. Este incremento refleja que existen tasas de rezagados en el sistema educativo debido a diferentes aspectos del contexto entre ellos ingresos económicos y tiempos para completar la conclusión de pregrado. En el escenario de reforma fiscal 50/50, la inversión educativa per cápita se recupera y crece hasta 210 Bs en 2035, lo que permite reducir el NBI educativo al 20,1%. Este escenario genera un círculo virtuoso: mayor inversión educativa más años de estudio. mayor productividad, mayor base imponible, más ingresos propios y más inversión donde el aspecto demográfico se capitaliza efectivamente. En cambio el escenario de inyección tecnológica produce resultados similares a la reforma fiscal, aunque con una inversión educativa ligeramente menor (195 Bs. en 2035) pero con mayor eficiencia (ρ efectivo más alto) debido a la incorporación de tecnologías educativas y programas

alternativos que fortalecen a esta inversión. Esto sugiere que la innovación pedagógica y tecnológica puede compensar parcialmente la falta de recursos fiscales, aunque la reforma fiscal sigue siendo necesaria para alcanzar la escala requerida.

En base a estos resultados también se aplicó como extrapolación del modelo desarrollado para la RMSC es directamente extensible al conjunto de las Entidades Territoriales Autónomas (ETAs) de Bolivia, ajustando los parámetros según la composición de ingresos y la estructura demográfica de cada departamento, de esta manera se presenta la extrapolación de los indicadores clave para 2030, bajo el escenario tendencial.

Tabla 4: Extrapolación del Modelo a las ETAs de Bolivia, con Proyección 2030.

Departamento	Ingresos IDH 2025 (M Bs.)	Ingresos IDH 2030 (M Bs.)	Variación	Inversión per cápita 2030 (Bs/hab.)	Razón Deuda/Ingresos 2030	NBI educ. 2030 (%)	Observación Crítica
Santa Cruz	43,1	28,5	-33,9%	22	0,89	31,2	Colapso de inversión y educación
Tarija	58,2	34,9	-40,0%	18	0,92	38,5	Dependencia crítica de hidrocarburos
Chuquisaca	45,7	28,1	-38,5%	15	0,85	42,0	Alta rigidez del gasto corriente
La Paz	62,4	41,2	-34,0%	28	0,65	28,0	Mayor diversificación, pero alta deuda
Cochabamba	38,9	25,7	-33,9%	24	0,72	30,5	Vulnerabilidad intermedia
Potosí	22,3	14,8	-33,6%	12	0,58	45,0	Bajo IDH y alta NBI educativo
Oruro	18,7	12,4	-33,7%	14	0,60	40,2	Dependencia de regalías mineras volátiles
Beni	15,2	10,1	-33,6%	16	0,55	38,0	Baja base imponible y alta informalidad
Pando	8,5	5,6	-34,1%	8	0,50	48,0	Presupuesto mínimo, por

debajo del
umbral de
viabilidad

Fuente: Elaboración propia con datos del MEFP, SIGEP, INE-CPV 2024 y OFPDT.

Estos valores evidenciados en la tabla 4, confirman que la crisis fiscal es un fenómeno sistémico nacional, con todos los departamentos experimentando caídas en los ingresos por IDH de entre el 33% y el 40% hacia 2030. Los departamentos con mayor dependencia hidrocarburífera (Tarija, Chuquisaca) presentan las caídas más pronunciadas y los menores niveles de inversión per cápita (15–18 Bs./hab). Los departamentos de Potosí y Pando presentan los niveles más altos de NBI educativo (>45%), lo que indica que el colapso fiscal afecta desproporcionadamente a los departamentos más pobres, profundizando las brechas regionales. La inversión per cápita en Pando (8 Bs/hab en 2030) es insuficiente para cubrir incluso el mantenimiento básico de infraestructura. La razón deuda e ingresos se acerca al umbral crítico (>0.60) en la mayoría de los departamentos, lo que implica que el servicio de la deuda desplazará la inversión pública en todos los niveles de gobierno. Este fenómeno genera un círculo vicioso nacional que solo puede ser roto mediante una reforma estructural de la coparticipación tributaria y la diversificación productiva.

4. DISCUSIÓN

El modelo de dinámica de sistemas presentado por los autores constituye un aporte metodológico significativo al análisis de la crisis fiscal boliviana, en la medida que trasciende los enfoques estáticos de equilibrio general para capturar la naturaleza no lineal y los bucles de realimentación que caracterizan el colapso de las finanzas públicas. La identificación de dos bucles reforzadores críticos considerando el agotamiento de las reservas de gas natural ($\alpha=0,18$) y el crecimiento exponencial del servicio de la deuda municipal ($\lambda=0,15$), lo que permite explicar por qué las políticas de ajuste fiscal convencionales, centradas en recortes de gasto o endeudamiento adicional, resultan insuficientes para revertir la trayectoria de colapso. En este sentido, los hallazgos del estudio se alinean con las advertencias del

Growth Lab de Harvard y la Fundación Jubileo acerca de que la crisis boliviana no es un fenómeno transitorio, sino el resultado del agotamiento del modelo extractivo-rentista sin una transformación productiva equivalente.

Sin embargo, es preciso señalar que el modelo, pese a su sofisticación, presenta limitaciones que deben ser consideradas al interpretar sus proyecciones. En primer lugar, el escenario tendencial asume la continuidad estática de las variables políticas y de financiamiento externo, sin incorporar la posibilidad de ajustes fiscales de emergencia, líneas de crédito externas extraordinarias u otros choques positivos no lineales que podrían desplazar el umbral de colapso proyectado para 2027. En segundo lugar, el incremento propuesto de la elasticidad de ingresos propios (η) de 0,30 a 0,45 mediante inyección tecnológica requiere un desarrollo empírico más detallado sobre los mecanismos concretos mediante los cuales la Universidad Evangélica Boliviana y la industria regional alcanzarían dicho impacto en el horizonte 2026-2030. La evidencia internacional sugiere que los retornos de la inversión en educación y tecnología suelen manifestarse con retardos temporales superiores a los considerados en el modelo, lo que podría atenuar los efectos positivos proyectados en el corto plazo.

No obstante, la principal fortaleza del estudio radica en haber demostrado cuantitativamente que el sistema fiscal de la Región Metropolitana de Santa Cruz se encuentra en un punto de bifurcación crítica, donde la razón deuda con respecto a los ingresos del Municipio de Santa Cruz de la Sierra (0,754 en 2025) ya supera el umbral de sostenibilidad (0,60), y la inversión pública per cápita (37 Bs/hab) está por debajo del nivel mínimo para el mantenimiento básico de infraestructura. La proyección de que el servicio de deuda absorba el 100% de los ingresos propios hacia 2035 constituye una alerta temprana que debería orientar la toma de decisiones en los niveles subnacionales de gobierno. La reforma de coparticipación tributaria 50/50 y la inyección tecnológica aparecen como alternativas viables, aunque la primera emerge como la palanca más efectiva para revertir el colapso, generando Bs 1.996 millones adicionales anuales para la Gobernación y permitiendo recuperar los niveles de inversión per cápita de 2014. La

extrapolación nacional confirma que la crisis es sistémica y afecta a todos los departamentos, aunque con intensidades variables, lo que subraya la necesidad de un cambio de topología del sistema fiscal nacional que empodere a los gobiernos subnacionales y diversifique las fuentes de ingresos públicos

5. CONCLUSIÓN

Con todos estos resultados de simulación y el análisis de sensibilidad efectuado bajo la dinámica de sistemas se confirman las siguientes conclusiones empíricas y sistémicas:

El sistema fiscal de la RMSC se encuentra en un punto de bifurcación crítica, con el colapso irreversible proyectado para 2027 en el escenario tendencial. La razón deuda e ingresos del Municipio de Santa Cruz de la Sierra (0,754 en 2025) ya supera el umbral de sostenibilidad (0,60), y la inversión pública per cápita (37Bs/hab) está por debajo del nivel mínimo para el mantenimiento básico de infraestructura.

La dependencia estructural de las transferencias hidrocarburíferas (IDH) es el principal factor de vulnerabilidad, donde la tasa de agotamiento $\alpha=0,18$ implica que los ingresos por IDH de la Gobernación caerán un 56% entre 2025 y 2035, independientemente de las políticas de diversificación en el corto plazo.

El sobreendeudamiento municipal es el segundo bucle reforzador crítico, tomando en cuenta que el servicio de deuda del Municipio de Santa Cruz de la Sierra crece a una tasa $\lambda=0,15$, absorbiendo el 75,4% de los ingresos propios en 2025, y proyectado a superar el 100% en 2035, este drenaje financiero desplaza la inversión en infraestructura productiva y servicios básicos.

El capital humano está siendo erosionado por la contracción de la inversión educativa, el NBI educativo, que ya alcanza el 28,5% en la RMSC, se proyecta al 35% en 2035 bajo el escenario tendencial, reflejando la profundización de las brechas intermunicipales y el desperdicio del bono demográfico.

La reforma de coparticipación tributaria 50/50 emerge como la palanca más efectiva para revertir el colapso, generando Bs 1.996 millones adicionales anuales para la

Gobernación y permitiendo recuperar los niveles de inversión per cápita de 2014 (400Bs/hab ajustado). Este escenario reduce el NBI educativo al 20% en 2035 y genera un crecimiento del PIB regional del 18%.

La inyección tecnológica liderada por la industria y el ámbito de aporte privado de la educación superior como de la UEB, constituyen una alternativa viable y complementaria, capaz de evitar el colapso incluso sin reforma fiscal, aunque con resultados inferiores a la reforma pura. El escenario combinado de reforma fiscal y la inyección tecnológica maximiza los impactos positivos en todos los indicadores.

La extrapolación nacional confirma que la crisis es sistémica y afecta a todos los departamentos de Bolivia, aunque con intensidades variables según la dependencia hidrocarburífera, la rigidez del gasto, y la base productiva. La solución no puede ser local ni aislada; requiere un cambio de topología del sistema fiscal nacional que empodere a los gobiernos subnacionales y diversifique las fuentes de ingresos públicos.

Es pertinente reconocer las limitaciones metodológicas del presente análisis, considerando que el escenario tendencial proyectado asume la continuidad estática de las variables políticas y de financiamiento externo; no se modela la posibilidad de ajustes fiscales de emergencia, líneas de crédito externas extraordinarias u otros choques positivos no lineales que podrían desplazar el umbral de colapso proyectado para 2027, aspecto que se sugiere abordar en investigaciones futuras mediante escenarios de resiliencia adicionales. En cuanto al incremento propuesto de la elasticidad de ingresos propios (η) de 0,30 a 0,45 mediante inyección tecnológica requiere un desarrollo empírico más detallado sobre los mecanismos concretos mediante los cuales la Universidad Evangélica Boliviana y la industria regional alcanzarían dicho impacto en el horizonte 2026-2030. Finalmente, dado que el modelo fue calibrado con datos de la Región Metropolitana de Santa Cruz, su extrapolación a departamentos con estructuras económicas y bases imponibles sustancialmente distintas, como Pando o Potosí, debe interpretarse con cautela, pues la dinámica de los ingresos

propios en dichas regiones podría no seguir la misma topología sistémica observada en Santa Cruz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banco Central de Bolivia. (2025). *Informe de Política Monetaria e Indicadores Macroeconómicos Regionales*. BCB. <https://www.bcb.gob.bo/?q=ipm>
- Banco Mundial. (2025). *Perspectivas económicas para Bolivia 2025*. Data 360.
- Carlos Vera, R., Orellana Salas, L., Tapia Málaga, M., Chirveches Salguero, H., & Córdova Aramayo, M. V. (2024). Económica Circular a partir de la Basura Orgánica que minimiza el riesgo de la Salud Pública en la ciudad de Potosí. *Estudios Y Perspectivas Revista Científica Y Académica*, 4(3), 1801–1818. <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i3.512>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2025). *Estudio Económico de América Latina y el Caribe 2025*. Naciones Unidas. <https://www.cepal.org>
- Fondo Monetario Internacional. (2025). *Bolivia: 2025 Article IV Consultation—Press Release; Staff Report; and Statement by the Executive Director for Bolivia* (IMF Country Report No. 2025/116). FMI. <https://www.imf.org/en/publications/cr/issues/2025/06/02/bolivia-2025-article-iv-consultation-press-release-staff-report-and-statement-by-the-567384>
- Forrester, J. W. (1961). *Industrial Dynamics*. MIT Press.
- Fundación Jubileo. (2024). *El destino del Presupuesto Público y Análisis de la Sostenibilidad Fiscal en Bolivia (2014–2024)*. Fundación Jubileo. <https://jubileobolivia.org.bo/Publicaciones/La-Fiebre-del-Oro/El-destino-del-Presupuesto-Publico>
- Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz de la Sierra. (2025). Rendición de Cuentas Inicial 2025. Recuperado de https://www.gmsantacruz.gob.bo/Publicaciones-Municipales/rendicion_de_cuentas_2025_inicial.pdf
- Growth Lab, Harvard Kennedy School. (2026a). *Bolivia's Economic Pivot: Main Findings and Reform Priorities* (Growth Lab Working Paper No. 2026.260). Harvard University. <https://dash.harvard.edu/entities/publication/ea0ac005-1583-4860-ae0e-cdb15fbfc791>
- Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2020). The Economic Impacts of Learning Losses. OECD Education Working Papers, No. 225. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/21908d74-en>
- Instituto Nacional de Estadística. (2025). *Producción de Petróleo y Gas Natural según Año y Mes 1990–2025*. INE. <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/hidrocarburos-mineria/hidrocarburo-cuadros-estadisticos>

- Ministerio de Economía y Finanzas Públicas. (2025). Ejecución Presupuestaria—SIGEP. Recuperado de <https://www.economiayfinanzas.gob.bo/ejecucion-presupuestaria>
- Ministerio de Economía y Finanzas Públicas. (2025). *Memoria de la Economía Boliviana 2024–2025*. MEFP.
- Observatorio de Presupuesto Fiscal Metropolitano. (2025). *Informe de Ingresos por IDH en la Región Metropolitana de Santa Cruz*.
- Psacharopoulos, G. (1994). Returns to Investment in Education: A Global Update. *World Development*, 22(9), 1325-1343. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(94\)90007-8](https://doi.org/10.1016/0305-750X(94)90007-8)
- Vera, R. C., Parra Rojas, P. M., Galleguillos Pacheco, D. A., & Córdova Aramayo, M. V. (2025). Análisis de variables meteorológicas en los humedales de la región de Santa Cruz de la Sierra. *Horizonte Académico*, 5(2), 528–547. <https://doi.org/10.70208/3007.8245.v5.n2.172>
- Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos. (2025). *Informe Financiero y de Reservas de Hidrocarburos 2024–2025*. YPFB.

Conflicto de Intereses: Los autores afirman que no existen conflictos de intereses en este estudio y que se han seguido éticamente los procesos establecidos por esta revista. Además, aseguran que este trabajo no ha sido publicado parcial ni totalmente en ninguna otra revista.

© 2024; Los autores. Este es un artículo en acceso abierto, distribuido bajo los términos de una licencia Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>) que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea correctamente citada.