

Artículo de investigación

<https://doi.org/10.47460/athenea.v7i25.151>

Modelo de dinámica de sistemas de las interacciones entre estrés, rendimiento académico, ansiedad y apoyo sociales en universitarios

Rildo Santos Bellido Medina*
<https://orcid.org/0000-0002-8699-3490>
rbellidome@unsa.edu.pe
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa
Arequipa, Perú

Orealis Maria Aguilar Paredes
<https://orcid.org/0000-0002-0759-5612>
oaguilar@unitru.edu.pe
Universidad Nacional de Trujillo
Trujillo, Perú

Carlos Eduardo Cáceres Torres
<https://orcid.org/0000-0002-5621-7028>
ccacerest@unmsm.edu.pe
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Lima, Perú

*Autor de correspondencia: rbellidome@unsa.edu.pe

Recibido: (16/05/2026), Aceptado: (29/08/2026)

Resumen. Este estudio desarrolló un modelo de dinámica de sistemas para analizar las interacciones entre estrés percibido, rendimiento académico, ansiedad social y apoyo social en universitarios. La calibración combinó datos sintéticos con parámetros derivados de literatura científica. Las simulaciones mostraron que el apoyo social redujo principalmente el estrés, mientras que la disminución de la ansiedad social favoreció en mayor medida el rendimiento. El escenario combinado produjo la respuesta global más favorable. Las perturbaciones académicas generaron efectos temporales sobre ansiedad y desempeño, seguidos de recuperación progresiva. Los resultados constituyen evidencia computacional y requieren validación posterior con datos longitudinales de estudiantes reales universitarios.

Palabras clave: dinámica de sistemas, estrés percibido, rendimiento académico, ansiedad social, apoyo social.

System dynamics model of the interactions between stress, academic performance, anxiety and social support in university students

Abstract. This study developed a system dynamics model to analyze the interactions among perceived stress, academic performance, social anxiety, and social support in university students. The calibration combined synthetic data with parameters derived from the scientific literature. The simulations showed that social support primarily reduced stress, whereas reducing social anxiety had a greater positive effect on academic performance. The combined scenario yielded the most favorable overall response. Academic perturbations produced temporary effects on anxiety and performance, followed by progressive recovery. The results constitute computational evidence and require subsequent validation using longitudinal data from real university students.

Keywords: system dynamics, perceived stress, academic performance, social anxiety, social support.

I. INTRODUCCIÓN

El estrés constituye una de las experiencias psicológicas más frecuentes durante la formación universitaria y puede adquirir relevancia académica cuando las demandas percibidas superan los recursos disponibles para afrontarlas. Desde la formulación de Cohen, Kamarck y Mermelstein, el estrés percibido se entiende como la valoración de las situaciones vitales en términos de imprevisibilidad, incontrolabilidad y sobrecarga [1]. En educación superior, esta respuesta no se limita al malestar subjetivo, pues puede afectar la concentración, la autorregulación, la persistencia y el desempeño. La evidencia disponible relaciona el estrés con dificultades académicas y con una menor percepción de eficacia para responder a las exigencias universitarias [2], [3]. Una revisión sistemática reciente confirmó que los factores asociados al estrés que interfiere con el éxito académico abarcan componentes personales, educativos y contextuales, lo que respalda una interpretación multicausal del fenómeno [4].

El rendimiento académico, sin embargo, no depende exclusivamente de las demandas académicas. La universidad constituye también un entorno de interacción social permanente, evaluación pública y construcción de vínculos, condiciones que pueden resultar especialmente exigentes para estudiantes con elevada ansiedad social. Estudios longitudinales han mostrado que esta ansiedad se relaciona negativamente con el logro académico y que parte de dicha asociación puede operar mediante dificultades para establecer nuevos vínculos sociales [5]. Evidencia más reciente indica además que la relación entre ansiedad social y rendimiento puede involucrar mecanismos conductuales y académicos intermedios, entre ellos el uso problemático de redes sociales y el compromiso académico [6]. No obstante, algunos trabajos han encontrado efectos directos débiles o no significativos sobre el desempeño [7], lo que sugiere que la influencia de la ansiedad social depende del entramado de relaciones en el que se inserta y no de una trayectoria lineal única.

El apoyo social representa un recurso particularmente relevante dentro de ese entramado. La hipótesis de amortiguación plantea que los vínculos de apoyo pueden reducir el impacto psicológico de situaciones estresantes al proporcionar recursos emocionales, instrumentales e informativos [8]. Su medición como apoyo percibido de familia, amistades y personas significativas ha permitido estudiar de forma multidimensional la disponibilidad subjetiva de estos recursos [9]. En población universitaria, una revisión sistemática de 51 estudios identificó efectos directos e indirectos del apoyo social sobre bienestar, estrés y salud mental [10], mientras que evidencia reciente mostró que el apoyo percibido puede moderar específicamente la asociación entre estrés académico y ansiedad [11]. La ansiedad social, a su vez, comprende temor a la evaluación, al escrutinio y a la interacción interpersonal [12], de modo que apoyo social y ansiedad no deben interpretarse como extremos de una misma dimensión, sino como componentes diferenciados capaces de influirse recíprocamente.

Pese a estos avances, gran parte de la evidencia disponible examina asociaciones aisladas mediante correlaciones, regresiones o modelos de mediación, procedimientos útiles para estimar relaciones, pero limitados para representar retroalimentaciones, acumulaciones y cambios temporales. La dinámica de sistemas ofrece una alternativa orientada a comprender problemas complejos como configuraciones de variables conectadas por ciclos de retroalimentación y demoras [13]. Su aplicación en salud y comportamiento ha mostrado utilidad para explorar consecuencias no lineales y respuestas emergentes [14], [15], [16]. De especial interés, un estudio de 2026 aplicado a estudiantes universitarios identificó mediante diagramas de bucles causales múltiples ciclos entre presión académica, comparación social, relaciones, apoyo y bienestar [17], mientras una revisión contemporánea confirma la utilidad de la dinámica de sistemas para analizar y proyectar procesos complejos vinculados con salud mental [18].

Sobre esta base, el presente estudio propone modelar las interacciones entre estrés, rendimiento académico, ansiedad y apoyo sociales en universitarios, con el propósito de identificar ciclos de refuerzo y compensación y explorar el comportamiento del sistema bajo diferentes configuraciones.

II. MARCO TEÓRICO

A. Estrés y rendimiento académico

El estrés percibido constituye una valoración global de la relación entre las demandas experimentadas y la capacidad de afrontamiento disponible [1]. En el contexto universitario, esta valoración puede estar determinada por carga de trabajo, evaluaciones, presión temporal, incertidumbre sobre resultados y exigencias de adaptación. Su efecto académico no debe plantearse como una relación mecánica: niveles de activación moderados pueden coexistir con un desempeño adecuado, mientras que una exposición

persistente o intensa puede interferir con atención, memoria de trabajo, planificación y autorregulación. Por ello, el interés analítico radica menos en asumir que todo estrés reduce necesariamente el rendimiento y más en determinar cómo su acumulación modifica la capacidad funcional del estudiante [2], [3], [4].

La relación puede además operar en sentido inverso. Un rendimiento inferior al esperado puede incrementar la percepción de amenaza ante nuevas evaluaciones, elevar la presión por recuperar resultados y aumentar la carga subjetiva de las demandas posteriores. En términos sistémicos, esta posibilidad configura un ciclo de refuerzo: mayor estrés puede deteriorar el desempeño y un desempeño desfavorable puede, a su vez, incrementar el estrés. La existencia y magnitud de este ciclo deben ser evaluadas empíricamente, pero su formulación permite superar una representación estrictamente unidireccional y examinar trayectorias acumulativas capaces de producir estabilidad, deterioro o recuperación.

B. Ansiedad social y desempeño universitario

La ansiedad social se caracteriza por temor persistente a situaciones de interacción o evaluación en las que la persona anticipa escrutinio o valoración negativa [12]. En la vida universitaria estas situaciones incluyen exposiciones, participación en clase, evaluaciones orales, trabajo colaborativo, interacción con docentes y establecimiento de nuevas redes sociales. En consecuencia, su influencia potencial sobre el rendimiento no se limita a la experiencia emocional: puede expresarse mediante evitación, reducción de la participación, menor búsqueda de ayuda y menor integración académica.

La evidencia longitudinal muestra que mayores niveles de ansiedad social pueden relacionarse con menor logro académico y que los vínculos sociales desempeñan un papel intermedio relevante [5]. Asimismo, se han identificado mecanismos en los que el compromiso académico y determinadas conductas digitales contribuyen a explicar esta asociación [6]. Sin embargo, la ausencia de efectos directos consistentes en todos los estudios [7] sugiere que la ansiedad social puede adquirir importancia principalmente cuando interactúa con otras variables. Desde una perspectiva dinámica, una trayectoria de evitación puede reducir oportunidades de apoyo e integración, mientras que dificultades académicas o sociales posteriores pueden reforzar la anticipación negativa y mantener la ansiedad.

C. Apoyo social como recurso de compensación

El apoyo social comprende los recursos emocionales, instrumentales e informativos que una persona percibe o recibe de su entorno interpersonal. La hipótesis de amortiguación sostiene que estos recursos pueden disminuir el impacto de los estresores sobre el bienestar, especialmente cuando son pertinentes para las demandas experimentadas [8]. En universitarios, la distinción entre apoyo familiar, amistades y personas significativas resulta particularmente útil porque las fuentes de ayuda pueden cumplir funciones distintas durante la adaptación académica [9].

La evidencia reciente confirma que el apoyo social se asocia con mejores indicadores de bienestar y con menores niveles de estrés y dificultades de salud mental en estudiantes universitarios [10]. Además, su función protectora puede depender del tipo de estresor: Feng et al. observaron que el apoyo percibido amortiguó la asociación entre estrés académico y ansiedad, pero no mostró el mismo comportamiento frente al estrés familiar [11]. Este resultado es relevante para el modelado porque impide tratar el apoyo como un factor protector uniforme. En el sistema propuesto, el apoyo puede actuar directamente sobre estrés y ansiedad social y, de manera indirecta, sobre el rendimiento; al mismo tiempo, niveles elevados de ansiedad social podrían dificultar la formación o utilización de redes de apoyo, generando una posible retroalimentación entre ambos procesos.

D. Interacciones sistémicas entre las variables

La integración de estrés, rendimiento académico, ansiedad y apoyo sociales permite plantear una arquitectura de relaciones en la que ninguna variable opera de manera aislada. El estrés puede afectar el rendimiento mediante interferencias cognitivas y autorregulatorias; la ansiedad social puede limitar la participación y el acceso a vínculos útiles; el apoyo social puede reducir la valoración de amenaza o facilitar estrategias de afrontamiento; y el rendimiento puede retroalimentar las expectativas y respuestas emocionales del estudiante. La evidencia de asociaciones bidireccionales entre ansiedad social, vínculos sociales y logro académico [5] resulta especialmente consistente con esta lógica.

Desde esta perspectiva pueden plantearse, como hipótesis de estructura, ciclos de refuerzo y compensación. Un primer ciclo de refuerzo vincularía estrés elevado con deterioro del rendimiento y posterior aumento de la presión percibida. Un segundo podría relacionar ansiedad social, evitación, menor acceso

a apoyo y mantenimiento de la ansiedad. Frente a ellos, un ciclo compensador podría operar cuando un mayor apoyo disminuye estrés o ansiedad, favorece la participación académica y contribuye a estabilizar el rendimiento. Estos ciclos no constituyen afirmaciones causales derivadas automáticamente de asociaciones observacionales; representan hipótesis dinámicas que deben contrastarse mediante la estructura, parametrización, sensibilidad y coherencia del modelo.

E. Dinámica de sistemas como enfoque de modelado

La dinámica de sistemas fue desarrollada para estudiar problemas en los que el comportamiento emerge de interacciones, retroalimentaciones, acumulaciones y retardos, en lugar de depender de relaciones lineales independientes. En este enfoque, los diagramas de bucles causales permiten representar la dirección de las relaciones y distinguir ciclos reforzadores y compensadores, mientras que los modelos de niveles y flujos traducen esa estructura conceptual a ecuaciones capaces de generar trayectorias temporales [13]. Su principal ventaja no reside en producir una predicción puntual, sino en examinar cómo una arquitectura de relaciones puede generar diferentes comportamientos bajo supuestos explícitos.

La utilización de dinámica de sistemas en salud y ciencias del comportamiento se ha expandido precisamente por su capacidad para representar fenómenos complejos y evaluar escenarios de intervención [14], [15], [16]. Las revisiones disponibles señalan, no obstante, que la calidad del modelo depende de la claridad de su estructura causal, la documentación de parámetros, las pruebas de sensibilidad y la validación del comportamiento [16], [18]. Por ello, la incorporación de este enfoque al estudio universitario requiere evitar interpretaciones deterministas y distinguir entre evidencia empírica utilizada para parametrizar relaciones y supuestos necesarios para representar su evolución temporal.

El antecedente de Slimmen et al. [17] aporta un soporte particularmente cercano a esta propuesta. Mediante un enfoque participativo y diagramas de bucles causales, los autores identificaron en educación superior veinte ciclos de refuerzo y tres de compensación que conectan presión académica, comparación social, pertenencia, apoyo, prácticas digitales y bienestar. Estos hallazgos muestran que las condiciones académicas y sociales pueden producir efectos acumulativos y contrapuestos dentro de un mismo sistema. El presente estudio adopta esa lógica sistémica, pero concentra el análisis en cuatro componentes delimitados, estrés, rendimiento académico, ansiedad y apoyo sociales, con el fin de construir una representación parsimoniosa susceptible de simulación y análisis de escenarios.

III. METODOLOGÍA

A. Diseño del estudio y estrategia general

Se desarrolló un estudio cuantitativo de modelado computacional mediante dinámica de sistemas, con una estrategia híbrida de calibración estadística y parametrización bibliográfica. El propósito fue representar las interacciones temporales entre estrés percibido, rendimiento académico, ansiedad y apoyo sociales en estudiantes universitarios, así como analizar el comportamiento emergente del sistema ante diferentes condiciones y perturbaciones. El procedimiento comprendió cuatro etapas: análisis estadístico del conjunto sintético, construcción de la estructura causal, parametrización del modelo dinámico y simulación de escenarios con análisis de sensibilidad e incertidumbre.

El conjunto de datos se utilizó exclusivamente como banco de pruebas computacional y no como evidencia representativa de una población universitaria real. Esta distinción resulta necesaria porque la propia documentación identifica los registros como sintéticos y establece que fueron diseñados para simulación, desarrollo de modelos predictivos y pruebas metodológicas iniciales. Por tanto, las inferencias obtenidas se circunscribieron al comportamiento del modelo y no se generalizaron a estudiantes reales.

B. Datos y variables analizadas

La base estuvo integrada por 500 registros sintéticos con variables demográficas, académicas, conductuales y psicosociales. Para la calibración del modelo se seleccionaron tres variables disponibles directamente: estrés percibido, representado por `pss10_score`; rendimiento académico, mediante `promedio_academico`; y apoyo social percibido, mediante `apoyo_social_1_5`. El rendimiento se encuentra expresado en una escala de 5,50 a 9,90 y el apoyo social en una escala ordinal de 1 a 5.

La ansiedad social no se encontraba incluida en el conjunto de datos y, en consecuencia, no fue aproximada mediante variables sustitutas. Su incorporación se realizó exclusivamente mediante parámet-

ros derivados de estudios publicados sobre ansiedad social, rendimiento y relaciones interpersonales en población estudiantil [5], [6], [7], [12]. De esta forma, se diferenciaron dos fuentes de información: los parámetros estadísticos obtenidos del conjunto sintético para las relaciones entre estrés, rendimiento y apoyo social, y los parámetros procedentes de la literatura para las relaciones que involucraron ansiedad social.

C. Preparación y calibración estadística

Inicialmente se verificaron duplicados, datos ausentes, rangos admisibles y consistencia de las variables seleccionadas. Se obtuvieron medidas de tendencia central, dispersión y distribución. Las asociaciones bivariadas entre estrés, rendimiento y apoyo social se analizaron mediante coeficientes de correlación, complementados con correlaciones de Spearman cuando la naturaleza ordinal o la distribución de las variables lo justificó.

Posteriormente se estimaron modelos de regresión múltiple estandarizados para obtener magnitudes relativas de asociación entre las variables disponibles. Los coeficientes fueron acompañados por intervalos de confianza del 95 % obtenidos mediante 10.000 remuestras bootstrap. Estos análisis tuvieron una función de calibración y no de inferencia poblacional: sus coeficientes se utilizaron como información cuantitativa para establecer la magnitud relativa de relaciones cuya dirección causal fue determinada a partir del marco teórico. Debido a que el estrés sintético fue generado parcialmente a partir de variables académicas y psicosociales, las asociaciones observadas se interpretaron como propiedades del banco de simulación y no como relaciones empíricas independientes.

Antes de incorporarlas al modelo dinámico, las variables se transformaron al intervalo [0,1] mediante normalización min-max, de manera que pudieran integrarse magnitudes originalmente expresadas en escalas diferentes. Los valores mayores representaron mayor estrés, mejor rendimiento académico, mayor ansiedad social y mayor apoyo social, respectivamente.

D. Construcción del modelo de dinámica de sistemas

La estructura causal se fundamentó en evidencia que relaciona el estrés con el desempeño académico [2], [3], [4], la ansiedad social con el rendimiento y la integración universitaria [5], [6], [7], y el apoyo social con menores niveles de estrés y ansiedad [8], [9], [10], [11]. Asimismo, se consideraron los principios generales de dinámica de sistemas [13], [14], [15], [16] y el antecedente reciente de Slimmen et al. [17], que identificó ciclos de retroalimentación entre presión académica, relaciones sociales, apoyo y bienestar estudiantil.

Se plantearon dos mecanismos reforzadores principales y uno compensador. El primero vinculó un incremento del estrés con deterioro del rendimiento y el consecuente aumento posterior de la presión percibida. El segundo relacionó ansiedad social, reducción de la interacción o utilización del apoyo y mantenimiento de la propia ansiedad. El mecanismo compensador representó la capacidad del apoyo social para reducir estrés y ansiedad y favorecer indirectamente la estabilidad académica. Las relaciones se mantuvieron deliberadamente parsimoniosas para evitar incorporar vínculos que no pudieran justificarse mediante datos o literatura.

E. Formulación matemática

Las cuatro variables se representaron como estados dinámicos que se ajustan progresivamente hacia un nivel objetivo determinado por las demás variables del sistema:

$$\frac{dX_i}{dt} = \frac{X_i^* - X_i}{\tau_i} \quad (1)$$

donde X_i representa estrés (S), ansiedad social (A), rendimiento académico (R) o apoyo social (P); X_i^* corresponde al nivel objetivo generado por las relaciones causales y τ_i al tiempo de ajuste de cada proceso. Los niveles objetivo se definieron mediante funciones logísticas para mantener las variables dentro del intervalo [0,1]:

$$\begin{aligned} S^* &= f(\alpha_S + \beta_{AS}A - \beta_{PS}P - \beta_{RS}R), \\ A^* &= f(\alpha_A + \beta_{SA}S - \beta_{PA}P), \\ R^* &= f(\alpha_R - \beta_{SR}S - \beta_{AR}A + \beta_{PR}P), \\ P^* &= f(\alpha_P - \beta_{AP}A - \beta_{SP}S). \end{aligned} \quad (2)$$

donde

$$f(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}.$$

Los signos de los coeficientes se determinaron a partir de la evidencia teórica y empírica, mientras que sus magnitudes procedieron de la calibración estadística o de la literatura según la disponibilidad de información.

F. Parametrización e integración temporal

Los coeficientes correspondientes a estrés, rendimiento y apoyo social se calibraron utilizando las estimaciones estandarizadas obtenidas del conjunto sintético. Para las relaciones que involucraron ansiedad social se emplearon tamaños de efecto reportados en la literatura [5], [6], [7], [11], [12]. Cuando existieron varias estimaciones comparables se utilizó la mediana de los coeficientes estandarizados, reduciendo la influencia de resultados extremos.

El horizonte de simulación se estableció en 32 semanas, equivalente aproximadamente a dos periodos académicos de 16 semanas, utilizando la semana como unidad temporal. Las ecuaciones diferenciales se resolvieron mediante integración numérica con un paso temporal suficientemente pequeño para comprobar la estabilidad de las trayectorias. Las condiciones iniciales de estrés, rendimiento y apoyo se obtuvieron de las medias normalizadas del conjunto sintético, mientras que la ansiedad social se inicializó a partir de valores centrales derivados de la literatura.

G. Escenarios de simulación

El escenario basal representó la evolución del sistema sin intervenciones externas. Sobre esta condición se simularon cuatro modificaciones: incremento sostenido del apoyo social; reducción de la ansiedad social; intervención combinada sobre apoyo y ansiedad; y aumento transitorio del estrés durante un periodo equivalente a una etapa de evaluaciones académicas. Para este último escenario se examinó adicionalmente si un nivel superior de apoyo social modificaba la intensidad y duración de la perturbación.

Los escenarios se compararon mediante el cambio acumulado y final de las cuatro variables, el máximo de estrés y ansiedad social, el mínimo de rendimiento académico y el tiempo necesario para recuperar niveles próximos al estado basal. De este modo, el análisis permitió estudiar tanto la magnitud de la respuesta como la estabilidad, deterioro y recuperación del sistema.

H. Sensibilidad, incertidumbre y validación

La robustez del modelo se examinó mediante análisis de sensibilidad de los coeficientes y tiempos de ajuste. Cada parámetro se modificó sistemáticamente alrededor de su valor basal para identificar aquellos con mayor influencia sobre estrés, ansiedad social y rendimiento. Adicionalmente, se realizaron 10.000 simulaciones Monte Carlo, generando valores paramétricos compatibles con los intervalos de incertidumbre establecidos durante la calibración. Para cada escenario se obtuvieron distribuciones de los principales resultados e intervalos de incertidumbre del 95 %.

La validación incluyó comprobación de consistencia estructural, correspondencia entre ecuaciones y diagrama causal, comportamiento bajo condiciones extremas, estabilidad numérica y comparación cualitativa de las trayectorias generadas con patrones descritos en la literatura [16], [17], [18]. La reproducibilidad se garantizó mediante el registro de datos de entrada, transformaciones, parámetros, condiciones iniciales, ecuaciones y configuraciones de simulación.

I. Consideraciones éticas y alcance inferencial

El estudio no involucró recolección de información personal ni participación de sujetos humanos. El análisis se basó en un conjunto de datos sintéticos y en parámetros agregados procedentes de literatura científica. En consecuencia, los resultados representan propiedades de un experimento computacional condicionado a la estructura y parametrización establecidas.

Los escenarios no constituyen predicciones individuales ni estimaciones causales de intervenciones reales, sino herramientas para explorar mecanismos plausibles, retroalimentaciones y puntos de sensibilidad susceptibles de validación posterior con datos longitudinales de estudiantes reales.

IV. RESULTADOS

A. Calibración estadística del modelo

El banco de pruebas estuvo constituido por 500 registros sintéticos (Tabla 1). El estrés percibido presentó una media de $10,176 \pm 3,203$ puntos, el rendimiento académico de $7,707 \pm 1,238$ y el apoyo social de $3,100 \pm 1,378$. Dentro de este conjunto, el estrés se relacionó negativamente con el rendimiento ($r = -0,100$; $p = 0,026$) y, con mayor magnitud, con el apoyo social ($r = -0,225$; $p < 0,001$); en cambio, rendimiento y apoyo mostraron una asociación prácticamente nula ($r = -0,007$; $p = 0,881$). Los coeficientes de Spearman reprodujeron el mismo patrón, lo que indicó estabilidad frente al tipo de correlación empleada.

En los modelos estandarizados, el rendimiento se asoció inversamente con el estrés ($\beta = -0,101$; IC95 % bootstrap: $-0,188$ a $-0,017$), mientras que el apoyo social presentó un efecto relativo mayor ($\beta = -0,225$; IC95 %: $-0,307$ a $-0,140$). Ambas variables explicaron el 6,08 % de la variabilidad del estrés. Al invertir la relación funcional, el estrés mantuvo una asociación negativa con el rendimiento ($\beta = -0,107$; IC95 %: $-0,199$ a $-0,018$), pero el efecto directo del apoyo sobre el rendimiento no resultó significativo ($\beta = -0,031$; $p = 0,503$) y, por ello, no se incorporó como vínculo directo en el modelo dinámico. La Tabla 2 resume los coeficientes utilizados para la calibración, incluidos los parámetros externos correspondientes a ansiedad social.

Tabla 1. Calibración estadística del banco sintético.

Indicador o relación	Estimación	IC95 %	p
Estrés percibido ($M \pm DE$)	$10,176 \pm 3,203$	—	—
Rendimiento académico ($M \pm DE$)	$7,707 \pm 1,238$	—	—
Apoyo social ($M \pm DE$)	$3,100 \pm 1,378$	—	—
Estrés–rendimiento (r)	$-0,100$	$-0,186$ a $-0,012$	$0,026$
Estrés–apoyo social (r)	$-0,225$	$-0,306$ a $-0,140$	$< 0,001$
Rendimiento–apoyo social (r)	$-0,007$	$-0,094$ a $0,081$	$0,881$
Rendimiento–estrés (β)	$-0,101$	$-0,188$ a $-0,017$	$0,020$
Apoyo social–estrés (β)	$-0,225$	$-0,307$ a $-0,140$	$< 0,001$
Estrés–rendimiento (β)	$-0,107$	$-0,199$ a $-0,018$	$0,020$
Apoyo social–rendimiento (β)	$-0,031$	$-0,119$ a $0,055$	$0,503$

Nota. Los intervalos de β proceden de 10 000 remuestras bootstrap. La significación estadística describe el banco sintético y no constituye inferencia sobre una población universitaria real.

B. Comportamiento dinámico y escenarios de intervención

En ausencia de perturbaciones, el sistema permaneció en el estado basal. El incremento sostenido del apoyo social en 0,5 DE produjo al final del horizonte una reducción de 0,116 DE en estrés y de 0,174 DE en ansiedad social, junto con un aumento de 0,029 DE en rendimiento. La reducción aislada de la ansiedad social en 0,5 DE apenas modificó el estrés ($-0,005$ DE), pero elevó el rendimiento en 0,049 DE. El escenario combinado presentó el mayor cambio simultáneo: estrés $-0,121$ DE, ansiedad social $-0,676$ DE y rendimiento $+0,078$ DE. Por tanto, las estrategias con mayor capacidad para controlar el estrés no coincidieron completamente con aquellas que produjeron la mayor mejora del rendimiento.

Tabla 2. Estado final de los escenarios sin perturbación académica.

Escenario	Estrés final (DE)	Ansiedad final (DE)	Rendimiento final (DE)
Basal	0,000	0,000	0,000
Apoyo social +0,5 DE	$-0,116$	$-0,174$	$+0,029$
Ansiedad social $-0,5$ DE	$-0,005$	$-0,502$	$+0,049$
Combinado	$-0,121$	$-0,676$	$+0,078$

La Figura 1 sintetiza los cambios finales de las variables principales bajo los escenarios simulados de intervención. Esta representación permite comparar de forma directa la magnitud y dirección de

las variaciones en estrés, ansiedad social y rendimiento académico, destacando la respuesta diferencial del sistema ante el incremento del apoyo social, la reducción de la ansiedad social y la intervención combinada.

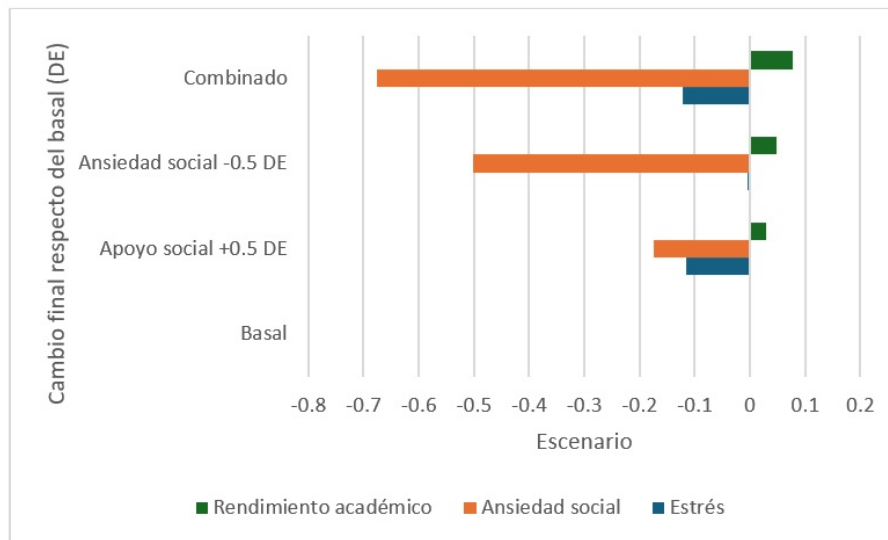


Fig. 1. Cambios finales en estrés, ansiedad social y rendimiento académico bajo los escenarios simulados de intervención.

C. Respuesta dinámica ante un periodo de evaluaciones

El pulso de evaluación aplicado entre las semanas 8 y 11 produjo un máximo de estrés de 0,653 DE y un máximo de ansiedad social de 0,148 DE, acompañado por un descenso mínimo del rendimiento de $-0,038$ DE. Finalizada la perturbación, el estrés retornó progresivamente hacia el estado basal. La Figura 1 muestra la propagación temporal de esta perturbación desde el estrés hacia la ansiedad social y el rendimiento académico.

La Figura 2 muestra la evolución temporal del sistema durante el horizonte de simulación. Se observa que el pulso de evaluación académica incrementó el estrés, elevó secundariamente la ansiedad social y redujo el rendimiento académico, seguido de una recuperación progresiva una vez finalizada la perturbación.

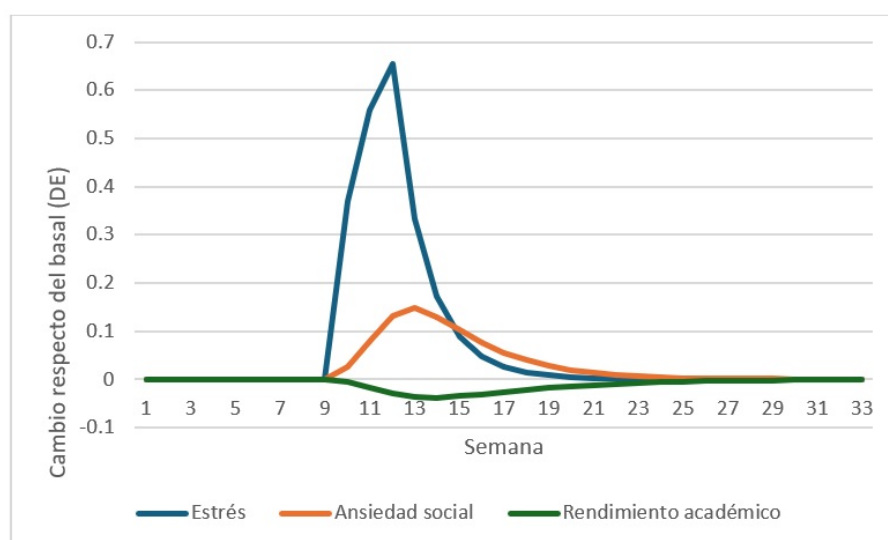


Fig. 2. Trayectorias temporales del estrés, la ansiedad social y el rendimiento académico ante un pulso de evaluación académica.

La Tabla 3 complementa la evolución temporal observada al comparar la respuesta del sistema ante el pulso de evaluación bajo distintas condiciones de intervención. Se presentan los valores máximos de estrés y ansiedad social, así como el mínimo de rendimiento académico alcanzado en cada escenario, permitiendo identificar diferencias en la magnitud de la perturbación y en la capacidad de amortiguación del sistema.

Tabla 3. Respuesta determinista al pulso de evaluación.

Escenario	Pico de estrés (DE)	Pico de ansiedad (DE)	Mínimo rendimiento (DE)
Pulso sin intervención	0,653	0,148	-0,038
Pulso + apoyo social	0,565	0,032	-0,026
Pulso + reducción de ansiedad	0,652	0,000*	-0,010
Pulso + combinado	0,563	0,000*	0,000*

Nota. *La trayectoria no superó o no descendió del estado basal original, respectivamente; ello no implica ausencia de perturbación respecto del contrafactual mejorado del mismo escenario.

El aumento previo del apoyo redujo el pico de estrés en 13,6 %, el pico de ansiedad en 78,5 % y la pérdida máxima de rendimiento en 31,4 % respecto del pulso sin intervención. La reducción de ansiedad, en cambio, modificó muy poco el máximo de estrés (0,2 %), pero evitó que la ansiedad superara el nivel basal y redujo en 73,4 % la caída del rendimiento. La estrategia combinada redujo el máximo de estrés en 13,8 %, mantuvo la ansiedad por debajo del basal original y, en la trayectoria determinista central, evitó que el rendimiento descendiera por debajo de dicho nivel. Estos resultados muestran que las dos intervenciones actúan sobre componentes diferentes del sistema y que su combinación proporciona la respuesta más equilibrada.

D. Incertidumbre y sensibilidad del sistema

Las 10.000 simulaciones Monte Carlo conservaron la dirección de los principales resultados. En el escenario combinado, el cambio final mediano fue de -0,122 DE para estrés (intervalo de simulación del 95 %: -0,164 a -0,076), -0,676 DE para ansiedad social (-0,737 a -0,615) y +0,078 DE para rendimiento (+0,048 a +0,112). Durante el pulso sin intervención, el pico mediano de estrés fue 0,654 DE (0,606-0,701) y el mínimo de rendimiento -0,038 DE (-0,069 a -0,013). Bajo la estrategia combinada, el pico de estrés descendió a 0,563 DE (0,505-0,622) y el rendimiento final se mantuvo favorable, con una mediana de +0,077 DE (0,047-0,111).

La incertidumbre mostró, no obstante, que la ausencia de una caída del rendimiento por debajo del basal en la trayectoria determinista combinada no debe interpretarse como un resultado garantizado: el límite inferior del intervalo de simulación para el mínimo rendimiento alcanzó aproximadamente -0,026 DE. El análisis de sensibilidad ± 20 % confirmó además una separación clara entre los determinantes de los principales resultados. El rendimiento final fue más sensible al coeficiente ansiedad social $\rightarrow$ rendimiento, cuyo índice relativo se fijó en 100, mientras que el pico de estrés estuvo dominado por la relación apoyo social-estrés, también con índice 100. Los restantes coeficientes mostraron impactos considerablemente menores.

En síntesis, el sistema reprodujo dos propiedades relevantes: las perturbaciones académicas pueden propagarse hacia estados sociales y académicos antes de disiparse, y la intervención óptima depende del resultado que se pretenda priorizar. El apoyo social mostró mayor capacidad para contener el estrés, mientras que la reducción de ansiedad social tuvo una influencia comparativamente mayor sobre el rendimiento; su combinación produjo la configuración más favorable cuando ambos objetivos se consideraron simultáneamente.

CONCLUSIONES

El modelo de dinámica de sistemas permitió representar de manera integrada las interacciones entre estrés, rendimiento académico, ansiedad social y apoyo social, mostrando que estas variables no operan de forma aislada, sino mediante mecanismos de retroalimentación y compensación. La calibración estadística realizada sobre el conjunto sintético evidenció asociaciones negativas entre estrés y rendimiento, así como entre estrés y apoyo social, mientras que la relación directa entre apoyo social y rendimiento resultó débil, lo que respaldó su incorporación principalmente mediante vías indirectas dentro del sistema.

Las simulaciones mostraron que el incremento del apoyo social produjo una reducción más marcada del estrés, mientras que la disminución de la ansiedad social tuvo una influencia comparativamente mayor sobre el rendimiento académico. El escenario combinado generó la configuración más favorable al actuar simultáneamente sobre ambos mecanismos, reduciendo estrés y ansiedad y mejorando el rendimiento. Estos resultados indican que optimizar el bienestar psicológico y mejorar el desempeño académico constituyen objetivos relacionados, pero no equivalentes, por lo que requieren estrategias diferenciadas.

La simulación del periodo de evaluaciones evidenció además que una perturbación temporal puede propagarse progresivamente desde el estrés hacia la ansiedad social y el rendimiento antes de que el sistema retorne a condiciones próximas al estado basal. El apoyo social redujo la magnitud del pico de estrés y aceleró la estabilización del sistema, mientras que la reducción de ansiedad protegió principalmente el rendimiento. El análisis de sensibilidad confirmó esta diferenciación, identificando al vínculo apoyo social–estrés y a la relación ansiedad social–rendimiento como los parámetros con mayor influencia sobre los principales resultados.

Los hallazgos deben interpretarse como propiedades de un experimento computacional sustentado en datos sintéticos y parámetros derivados de literatura científica, no como estimaciones poblacionales ni efectos causales observados en estudiantes reales. No obstante, el modelo proporciona una estructura teóricamente coherente y reproducible para identificar mecanismos, puntos de sensibilidad y escenarios plausibles de intervención. Su validación posterior con datos longitudinales reales permitiría evaluar la estabilidad de las relaciones propuestas y fortalecer su utilidad para el diseño de estrategias de apoyo psicológico y académico en educación superior.

REFERENCIAS

- [1] S. Cohen, T. Kamarck, and R. Mermelstein, "A global measure of perceived stress," *Journal of Health and Social Behavior*, vol. 24, no. 4, pp. 385–396, 1983.
- [2] M. C. Pascoe, S. E. Hetrick, and A. G. Parker, "The impact of stress on students in secondary school and higher education," *International Journal of Adolescence and Youth*, vol. 25, no. 1, pp. 104–112, 2020.
- [3] P. Frazier, A. Gabriel, A. Merians, and K. Lust, "Understanding stress as an impediment to academic performance," *Journal of American College Health*, vol. 67, no. 6, pp. 562–570, 2019.
- [4] K. T. Lisnyj, N. Gillani, D. L. Pearl, J. E. McWhirter, and A. Papadopoulos, "Factors associated with stress impacting academic success among post-secondary students: A systematic review," *Journal of American College Health*, vol. 71, no. 3, pp. 851–861, 2023.
- [5] C. A. Brook and T. Willoughby, "The social ties that bind: Social anxiety and academic achievement across the university years," *Journal of Youth and Adolescence*, vol. 44, no. 5, pp. 1139–1152, 2015.
- [6] Q. Mou *et al.*, "Social media addiction and academic engagement as serial mediators between social anxiety and academic performance among college students," *BMC Psychology*, vol. 12, p. 190, 2024.
- [7] E. Y. Strahan, "The effects of social anxiety and social skills on academic performance," *Personality and Individual Differences*, vol. 34, no. 2, pp. 347–366, 2003.
- [8] S. Cohen and T. A. Wills, "Stress, social support, and the buffering hypothesis," *Psychological Bulletin*, vol. 98, no. 2, pp. 310–357, 1985.
- [9] G. D. Zimet, N. W. Dahlem, S. G. Zimet, and G. K. Farley, "The multidimensional scale of perceived social support," *Journal of Personality Assessment*, vol. 52, no. 1, pp. 30–41, 1988.
- [10] L. Ruihua, N. C. Hassan, Z. Qiuxia, O. Sha, and D. Jingyi, "A systematic review on the impact of social support on college students' wellbeing and mental health," *PLOS ONE*, vol. 20, no. 7, p. e0325212, 2025.
- [11] C. Feng, Y. Song, S. Che, and H. Xiao, "The impact of multiple stressors on college students' anxiety: The moderating roles of interpersonal sensitivity and perceived social support," *Acta Psychologica*, vol. 267, p. 107004, 2026.

- [12] R. P. Mattick and J. C. Clarke, "Development and validation of measures of social phobia scrutiny fear and social interaction anxiety," *Behaviour Research and Therapy*, vol. 36, no. 4, pp. 455–470, 1998.
- [13] J. D. Sterman, *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Boston, MA, USA: Irwin/McGraw-Hill, 2000.
- [14] J. B. Homer and G. B. Hirsch, "System dynamics modeling for public health: Background and opportunities," *American Journal of Public Health*, vol. 96, no. 3, pp. 452–458, 2006.
- [15] B. A. Langellier, Y. Yang, J. Purtle, K. L. Nelson, I. Stankov, and A. V. Diez Roux, "Complex systems approaches to understand drivers of mental health and inform mental health policy: A systematic review," *Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research*, vol. 46, no. 2, pp. 128–144, 2019.
- [16] N. Darabi and N. Hosseinichimeh, "System dynamics modeling in health and medicine: A systematic literature review," *System Dynamics Review*, vol. 36, no. 1, pp. 29–73, 2020.
- [17] S. Slimmen, M. Franken-Moreno Garcia, O. Timmermans, L. Lechner, and A. Oenema, "Mapping system dynamics of academic, social, and online influences on student mental wellbeing: A participatory systems approach using causal loop diagramming," *Wellbeing, Space and Society*, vol. 10, p. 100391, 2026.
- [18] H. J. Valkenburg, J. ten Dam, S. van der Werf, T. L. Feenstra, J. Rodenburg, and B. F. M. Wijnen, "System dynamics modelling methods for public health policy evaluation: A systematic literature review focussing on mental health and substance use disorders," *BMC Public Health*, vol. 26, p. 844, 2026.