Artículo de investigación https://doi.org/10.47460/athenea.v7i26.153

Modelado y simulación mediante dinámica de sistemas de la interacción entre carga académica, bienestar docente y calidad educativa en universidades

Manuel Cárdenas Herrera*
https://orcid.org/0000-0001-9977-7044
mcardenash@unsa.edu.pe
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa
Arequipa, Perú

Edgar Hilario Barreda Coaquira
https://orcid.org/0000-0002-7146-2187
ebarreda@unsa.edu.pe
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa
Arequipa, Perú

James Josmell Ojeda Portugal
https://orcid.org/0009-0005-1617-7569
jojedap@unsa.edu.pe
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa
Arequipa, Perú

Autor de correspondencia: mcardenash@unsa.edu.pe

Recibido: (03/07/2026), Aceptado: (29/09/2026)

Resumen. El objetivo del estudio fue analizar, mediante dinámica de sistemas, la interacción entre carga académica, bienestar docente y calidad educativa bajo distintos escenarios de gestión universitaria. Se utilizó un conjunto de datos externo de simulación computacional publicado en Zenodo, integrado por 520 000 registros correspondientes a 1 000 parametrizaciones Monte Carlo pareadas, cinco escenarios y 104 semanas de simulación. Se compararon condiciones de referencia, reducción de carga administrativa, reducción de carga docente, apoyo institucional e intervención combinada. Los resultados mostraron que la reducción de demandas laborales disminuyó la tensión docente y favoreció el bienestar y la calidad simulada. La intervención combinada presentó el comportamiento más favorable, mientras que el apoyo institucional aislado generó efectos compensatorios debido a los costos temporales incorporados. El análisis de sensibilidad confirmó la relevancia de la carga docente, la presión institucional y la capacidad de recuperación. Los hallazgos corresponden exclusivamente al comportamiento del modelo computacional.

Palabras clave: dinámica de sistemas, simulación computacional, carga académica, bienestar docente, calidad educativa, simulación Monte Carlo, educación superior.

Modeling and simulation through system dynamics of the interaction between academic load, teacher well-being and educational quality in universities

Abstract. The aim of this study was to analyze, through system dynamics, the interaction among academic workload, faculty well-being, and educational quality under different university management scenarios. An external computational simulation dataset published in Zenodo was used, comprising 520,000 records generated from 1,000 paired Monte Carlo parameterizations, five scenarios, and 104 simulation weeks. Baseline conditions, administrative workload reduction, teaching workload reduction, institutional support, and a combined intervention were compared. Results showed that reducing work demands decreased faculty strain and improved simulated well-being and educational quality. The combined intervention produced the most favorable overall behavior, whereas institutional support alone generated compensatory effects due to the additional time costs incorporated into the model. Sensitivity analysis confirmed the relevance of teaching workload, institutional pressure, and recovery capacity. The findings represent exclusively the behavior of the computational model and should not be interpreted as empirical evidence from real universities or faculty members.

Keywords: system dynamics, computational simulation, academic workload, faculty well-being, educational quality, Monte Carlo simulation, higher education.

I. INTRODUCCIÓN

Las universidades constituyen sistemas organizacionales complejos en los que las actividades de docencia, investigación, gestión administrativa y atención al estudiante compiten por recursos temporales y humanos limitados. En este contexto, la carga académica no depende exclusivamente del número de horas de enseñanza, sino también de actividades de preparación, evaluación, tutoría, investigación, gestión y cumplimiento de requerimientos institucionales. La acumulación de estas demandas puede afectar el bienestar del profesorado y modificar su capacidad para desarrollar adecuadamente las funciones educativas.

El modelo Job Demands–Resources (JD-R) ofrece un marco útil para interpretar esta problemática al plantear que el bienestar laboral depende del equilibrio entre las exigencias del trabajo y los recursos disponibles para afrontarlas. Estudios desarrollados con profesores universitarios han mostrado que las demandas de enseñanza, el conflicto entre docencia e investigación y otras presiones laborales se relacionan con mayor agotamiento, mientras que los recursos docentes, el apoyo social y administrativo se asocian con mayor compromiso y satisfacción laboral [1], [2]. De manera similar, se ha identificado que la sobrecarga cuantitativa, las demandas administrativas y la dificultad para conciliar distintas responsabilidades académicas constituyen factores relevantes para el bienestar del profesorado [3].

La problemática adquiere especial relevancia cuando se considera que la relación entre carga, bienestar y calidad educativa puede presentar efectos indirectos y retardados. El incremento de las demandas laborales puede reducir el tiempo disponible para preparación, retroalimentación o innovación docente; a su vez, una disminución del bienestar puede afectar progresivamente la capacidad de respuesta del sistema. De igual forma, las políticas destinadas a proporcionar apoyo institucional pueden generar nuevos requerimientos de tiempo cuando implican reuniones, capacitaciones o actividades adicionales. En consecuencia, analizar estas variables de forma aislada puede resultar insuficiente para comprender su comportamiento global.

La dinámica de sistemas ofrece una alternativa metodológica apropiada para estudiar este tipo de problemas, dado que permite representar relaciones causales, niveles, flujos, mecanismos de retroalimentación y retardos temporales dentro de sistemas complejos [4]. A diferencia de los análisis estáticos, este enfoque facilita la exploración del comportamiento del sistema a lo largo del tiempo y la evaluación de escenarios alternativos antes de su eventual aplicación en contextos reales. Asimismo, la combinación de dinámica de sistemas con simulaciones Monte Carlo permite incorporar variabilidad paramétrica y examinar la robustez de las respuestas obtenidas bajo múltiples configuraciones posibles.

A pesar del creciente interés por el bienestar del profesorado universitario, buena parte de la evidencia disponible analiza asociaciones entre demandas, recursos, agotamiento y satisfacción mediante diseños transversales, cualitativos o modelos estadísticos [1], [2], [3]. Estos enfoques proporcionan evidencia relevante, pero ofrecen posibilidades limitadas para examinar simultáneamente retroalimentaciones, acumulaciones y consecuencias temporales de diferentes políticas. Estudios recientes continúan destacando la necesidad de abordar la carga académica como un problema organizacional y de diseñar intervenciones que combinen reducción de demandas con disponibilidad efectiva de recursos [5].

Por tanto, el objetivo de este estudio fue analizar, mediante modelado y simulación de dinámica de sistemas, la interacción entre carga académica, bienestar docente y calidad educativa bajo diferentes escenarios de gestión universitaria. Para ello se utilizó un conjunto de datos externo de simulación computacional disponible públicamente en Zenodo [6], a partir del cual se compararon escenarios de referencia, reducción de carga administrativa, reducción de carga docente, apoyo institucional e intervención combinada. El análisis incluyó la evolución temporal del sistema, comparaciones pareadas, sensibilidad paramétrica y evaluación de convergencia, con el propósito de identificar patrones de comportamiento y posibles compensaciones entre demandas, recursos y resultados educativos.

II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A. Carga académica y bienestar docente

La actividad del profesorado universitario integra funciones de docencia, preparación y evaluación, investigación, tutoría, gestión y participación institucional. Por ello, la carga académica no puede reducirse únicamente al número de horas de clase, sino que comprende un conjunto de demandas que

compiten por tiempo y recursos individuales. Desde el modelo Job Demands–Resources (JD-R), las demandas laborales corresponden a aquellos componentes del trabajo que requieren esfuerzo sostenido, mientras que los recursos laborales contribuyen al cumplimiento de los objetivos, reducen los costos asociados con dichas demandas y favorecen el desarrollo profesional [1], [7].

El modelo JD-R plantea dos procesos complementarios. El primero corresponde al deterioro de la salud y el bienestar cuando las demandas exceden de forma sostenida los recursos disponibles; el segundo describe un proceso motivacional mediante el cual los recursos laborales favorecen compromiso, satisfacción y capacidad de respuesta [7]. Esta perspectiva resulta pertinente para el contexto universitario, donde incrementos simultáneos de docencia, investigación y gestión pueden modificar tanto el bienestar del profesorado como la disponibilidad de tiempo para desarrollar actividades educativas.

B. Bienestar docente y calidad educativa

En este estudio, el bienestar docente se concibe como una condición dinámica asociada con el equilibrio entre demandas, recuperación y recursos disponibles, mientras que la tensión representa la acumulación de presiones derivadas del funcionamiento del sistema. Estos conceptos no corresponden a diagnósticos clínicos ni a escalas psicométricas aplicadas a personas reales, sino a estados internos del modelo computacional.

La calidad educativa se aborda igualmente como una variable sistémica vinculada con la capacidad del entorno académico para sostener actividades de preparación, atención al estudiante y desempeño docente. Desde esta perspectiva, su comportamiento no depende de una única variable, sino de la interacción entre carga efectiva, adecuación de la preparación, presión institucional, recuperación y otros elementos incorporados en la estructura del modelo. Esta formulación permite examinar posibles efectos indirectos; por ejemplo, una disminución de determinadas demandas puede liberar tiempo para preparación, mientras que una intervención institucional que incorpore nuevas obligaciones puede simultáneamente aportar recursos y aumentar la carga.

C. Dinámica de sistemas

La dinámica de sistemas constituye un enfoque de modelado orientado al estudio de problemas complejos caracterizados por retroalimentaciones, acumulaciones, retardos temporales y relaciones no lineales. Su estructura se fundamenta en la representación de niveles o stocks, flujos y variables auxiliares conectadas mediante relaciones causales. Sterman señala que este enfoque permite relacionar la estructura de un sistema con su comportamiento temporal y utilizar modelos computacionales para explorar las consecuencias de diferentes políticas [4].

En el contexto analizado, variables como tensión docente, bienestar y calidad educativa se comportan como estados cuya evolución depende tanto de las condiciones presentes como de trayectorias anteriores. Esta característica permite representar fenómenos acumulativos y explica que una variación de la carga académica no produzca necesariamente una modificación instantánea y proporcional en el resto de las variables.

La simulación de escenarios constituye asimismo una aplicación central de la dinámica de sistemas, dado que permite modificar componentes específicos de un modelo y observar sus consecuencias manteniendo controladas las restantes condiciones. De esta forma, las intervenciones pueden analizarse como experimentos computacionales y no como predicciones deterministas sobre instituciones reales.

D. Simulación Monte Carlo e incertidumbre paramétrica

La simulación Monte Carlo permite examinar el comportamiento de un modelo bajo múltiples configuraciones de parámetros y constituye una estrategia ampliamente utilizada para incorporar incertidumbre en experimentos computacionales. Su fundamento consiste en realizar numerosas ejecuciones utilizando valores obtenidos de distribuciones o rangos previamente definidos y analizar posteriormente la distribución de los resultados [8].

En este estudio, el empleo de parametrizaciones Monte Carlo pareadas permitió que una misma combinación de parámetros fuera evaluada en todos los escenarios. Este diseño favoreció comparaciones directas entre intervenciones, ya que las diferencias observadas pudieron atribuirse a las modificaciones

introducidas en cada escenario y no a la utilización de conjuntos de parámetros diferentes. La combinación de dinámica de sistemas, simulación Monte Carlo, análisis de sensibilidad y evaluación de convergencia proporciona así un marco computacional para estudiar la interacción entre demandas y recursos universitarios, explorar respuestas temporales y determinar la estabilidad de los resultados. Su utilidad radica principalmente en la experimentación conceptual y en la generación de hipótesis que posteriormente pueden contrastarse con evidencia empírica.

III. METODOLOGÍA

A. Diseño del estudio

Se desarrolló un estudio cuantitativo de carácter computacional y analítico basado en el procesamiento secundario de datos provenientes de simulaciones mediante dinámica de sistemas. El análisis se orientó a examinar la interacción entre carga académica, bienestar docente y calidad educativa bajo diferentes condiciones institucionales simuladas. No se recopilaron datos primarios ni se realizaron encuestas, entrevistas, observaciones o intervenciones con docentes, estudiantes o instituciones universitarias. La investigación utilizó exclusivamente un conjunto de datos computacional previamente generado y publicado en un repositorio de acceso abierto.

B. Fuente de datos

Se utilizó el conjunto de datos externo *Computational Simulation Data on Academic Workload, Faculty Well-Being, and Educational Quality in University Systems*, versión 2.0.0, publicado por Suárez-Carreño en Zenodo [6], con DOI 10.5281/zenodo.23242695. El recurso contiene 520 000 registros procedentes exclusivamente de simulación computacional. Su estructura comprende 1 000 parametrizaciones Monte Carlo pareadas, evaluadas en cinco escenarios durante 104 intervalos semanales. Cada conjunto de parámetros fue utilizado de forma equivalente en todos los escenarios, lo que permitió realizar comparaciones pareadas entre las distintas condiciones simuladas. El repositorio incluye, además del conjunto principal de datos, las definiciones de variables, parámetros y constantes, escenarios de simulación, resúmenes semanales, métricas correspondientes al ciclo final, análisis de sensibilidad, diagnósticos de convergencia, archivos de validación y código computacional para reproducción y verificación del modelo.

C. Variables analizadas

El análisis consideró como variables principales la carga efectiva de trabajo, el índice de sobrecarga, la adecuación de la preparación académica, el índice de tensión docente, el índice de bienestar docente y el índice de calidad educativa. La carga efectiva integró las demandas docentes, administrativas, investigativas y adicionales incorporadas en el modelo. La tensión y el bienestar fueron tratados como estados dinámicos del sistema, mientras que la calidad educativa dependió de la interacción entre condiciones de trabajo, preparación, presión institucional, recuperación y otros componentes especificados en la estructura computacional. Los índices simulados no fueron interpretados como escalas clínicas ni como mediciones psicométricas obtenidas de personas reales, sino como variables internas del modelo destinadas a representar el comportamiento relativo del sistema.

D. Escenarios de simulación

Se analizaron cinco escenarios: escenario de referencia, sin intervención; reducción del 20 % de la demanda administrativa; reducción del 15 % de la carga docente; implementación de un programa de apoyo institucional; e intervención combinada. El escenario de referencia se utilizó como condición basal para todas las comparaciones. Las intervenciones modificaron únicamente los componentes definidos para cada escenario, mientras se mantuvieron pareados los conjuntos de parámetros Monte Carlo. El programa de apoyo institucional incorporó tanto efectos favorables sobre determinados componentes del sistema como costos temporales derivados de actividades de participación y coordinación. Esta estructura permitió evitar que una intervención favorable produjera necesariamente mejoras automáticas en todas las variables de salida.

E. Horizonte temporal y ventana de análisis

Cada trayectoria comprendió 104 semanas de simulación. El sistema incorporó ciclos académicos estilizados de 20 semanas, lo que generó variaciones temporales en la intensidad de las demandas universitarias. Para las comparaciones principales entre escenarios se utilizó el último ciclo completo de simulación, correspondiente a las semanas 85–104. Esta decisión evitó que las conclusiones dependieran del valor observado en una única semana terminal y permitió evaluar el comportamiento medio del sistema durante un periodo académico completo. Las trayectorias semanales fueron conservadas para analizar la evolución temporal de la carga, tensión, bienestar y calidad educativa.

F. Procesamiento y comparación de escenarios

Para cada escenario se calcularon la media y los percentiles 5 y 95 de las variables principales durante el ciclo final. Las intervenciones fueron comparadas con el escenario de referencia mediante diferencias pareadas, aprovechando que cada parametrización Monte Carlo tenía correspondencia directa entre los cinco escenarios. Para una variable Y, la diferencia de una intervención s respecto de la referencia se expresó como $\Delta Y_{i,s} = Y_{i,s} - Y_{i,0}$, donde i representa el conjunto de parámetros Monte Carlo, s el escenario de intervención y 0 el escenario de referencia. También se calculó la variación relativa media mediante

$$\Delta Y\% = \frac{(\overline{Y}_s - \overline{Y}_0)}{\overline{Y}_0} \times 100 \tag{1}$$

Adicionalmente, se estimó la proporción de parametrizaciones en las que cada intervención produjo menor tensión docente, mayor bienestar o mayor calidad educativa respecto de su correspondiente trayectoria basal.

G. Análisis de sensibilidad

La sensibilidad del modelo se examinó mediante correlaciones por rangos de Spearman entre los parámetros de entrada y los resultados obtenidos durante el ciclo final. Para cada variable de salida se calculó

$$\rho_s = \mathrm{corr}\left(\mathrm{rank}(X), \mathrm{rank}(Y)\right) \tag{2}$$

donde X corresponde al parámetro de entrada y Y a la variable de resultado. Los parámetros fueron ordenados según el valor absoluto de ρ_s, permitiendo identificar aquellos con mayor asociación con la tensión docente, el bienestar y la calidad educativa. El signo del coeficiente se utilizó exclusivamente para determinar la dirección de la relación simulada y no fue interpretado como evidencia de causalidad empírica.

H. Evaluación de convergencia

La estabilidad de las estimaciones Monte Carlo se evaluó comparando progresivamente los resultados obtenidos con 50, 100, 250, 500, 750 y 1 000 conjuntos de parámetros. Para cada tamaño muestral computacional se calculó la diferencia relativa respecto de la media obtenida con las 1 000 parametrizaciones mediante

$$D_N = \frac{\left|\overline{\overline{Y}}_N - \overline{\overline{Y}}_{1000}\right|}{\overline{\overline{Y}}_{1000}} \times 100 \tag{3}$$

Se adoptó como referencia de estabilidad una diferencia máxima inferior al 0,5 %. Este procedimiento permitió determinar si el número final de ejecuciones proporcionaba estimaciones suficientemente estables para la comparación entre escenarios.

I. Verificación y reproducibilidad

Los resultados utilizados en el estudio fueron contrastados con los archivos de validación, resúmenes y diagnósticos incluidos en el repositorio original. Se verificó la correspondencia de las 1 000 parametrizaciones entre escenarios, la integridad estructural de las series temporales, la ausencia de registros

faltantes y la consistencia de las métricas derivadas. El recurso publicado proporciona código de reproducción, scripts de validación, manifiestos de archivos y sumas criptográficas SHA-256, lo que permite verificar la integridad y reproducibilidad del conjunto de datos. Las tablas y figuras presentadas en el estudio fueron elaboradas a partir de los archivos públicos correspondientes a las métricas del ciclo final, trayectorias semanales, análisis de sensibilidad y diagnóstico de convergencia.

J. Consideraciones éticas

La investigación no involucró seres humanos, datos personales, registros institucionales reales ni información identificable. Todos los datos analizados fueron generados mediante simulación computacional y publicados previamente como recurso abierto. Por esta razón, el estudio no implicó intervención sobre participantes ni tratamiento de información personal. Los resultados fueron interpretados exclusivamente como comportamiento de un modelo computacional bajo los supuestos y parámetros especificados, y no como evidencia empírica sobre docentes o universidades reales.

IV. RESULTADOS

El análisis utilizó como fuente secundaria un conjunto de datos de simulación computacional publicado previamente en Zenodo por Suárez-Carreño [6]. El recurso corresponde a la versión 2.0.0 y contiene 520 000 registros obtenidos a partir de 1 000 parametrizaciones Monte Carlo pareadas, evaluadas en cinco escenarios durante 104 semanas. Los registros no representan observaciones de docentes, estudiantes o universidades reales. Para la comparación principal se consideró el último ciclo completo de simulación, comprendido entre las semanas 85 y 104.

A. Comportamiento del escenario de referencia

En el escenario de referencia, la carga efectiva media alcanzó 41,83 h/semana, con percentiles 5 y 95 de 34,32 y 48,96 h/semana, respectivamente. El índice medio de sobrecarga fue 0,510, mientras que la adecuación de la preparación alcanzó 0,699. Bajo estas condiciones, el índice de tensión docente presentó una media de 53,14 puntos, el bienestar docente se situó en 57,15 y la calidad educativa en 71,91 puntos (Figura 1).

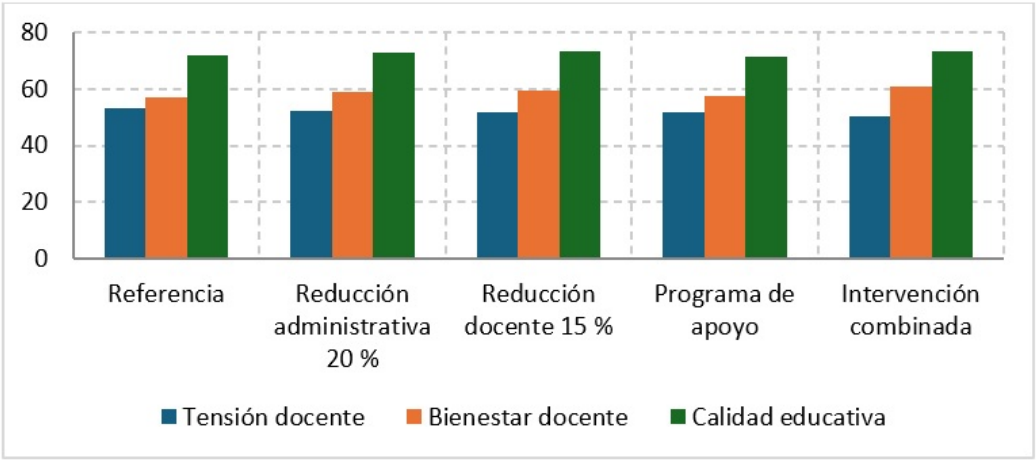


Fig. 1. Resultados medios durante el ciclo final.

Nota: se presentan media y percentiles 5–95 calculados sobre 1 000 parametrizaciones pareadas durante las semanas 85–104.

B. Efecto de los escenarios de intervención

La reducción del 20 % de la demanda administrativa disminuyó la carga efectiva media en -1,48 h/semana respecto del escenario de referencia. El índice de sobrecarga se redujo en -7,89 %, la tensión docente disminuyó 0,97 puntos, el bienestar aumentó 1,69 puntos y la calidad educativa se incrementó 1,03 puntos. Las 1 000 parametrizaciones presentaron simultáneamente menor tensión, mayor bienestar y mayor calidad.

La reducción del 15 % de la carga docente produjo la mayor disminución aislada de la carga efectiva, con una diferencia media de -2,21 h/semana. La sobrecarga disminuyó 13,10 %, mientras que la

adecuación de la preparación aumentó 4,53 %. La tensión descendió 1,16 puntos, el bienestar aumentó 2,47 puntos y la calidad se incrementó 1,25 puntos. El efecto favorable sobre la calidad se observó en el 99,4 % de las parametrizaciones.

El programa de apoyo institucional mostró un patrón diferente. La carga efectiva aumentó 1,11 h/semana y la sobrecarga creció 5,80 %, debido a las horas de participación y coordinación incorporadas en el escenario. A pesar de ello, la tensión disminuyó 1,53 puntos y el bienestar aumentó 0,46 puntos. La calidad educativa, en cambio, disminuyó 0,29 puntos y solo el 7,7 % de las parametrizaciones mostró una mejora.

La intervención combinada presentó la respuesta más favorable entre los escenarios considerados. La carga efectiva disminuyó -1,76 h/semana y la sobrecarga se redujo 10,28 %. La tensión docente descendió 2,95 puntos, el bienestar aumentó 3,64 puntos y la calidad educativa alcanzó 73,48 puntos, lo que representó un incremento de 2,19 % respecto de la referencia (Tabla 1).

Tabla 1. Diferencias pareadas respecto del escenario de referencia.

Escenario	Δ carga h/sem	Δ tensión	% menor tensión	Δ bienestar	% mayor bienestar	Δ calidad	% mayor calidad
Reducción administrativa 20 %	-1,48	-0,97	100,0 %	1,69	100,0 %	1,03	100,0 %
Reducción docente 15 %	-2,21	-1,16	100,0 %	2,47	100,0 %	1,25	99,4 %
Programa de apoyo	1,11	-1,53	100,0 %	0,46	95,1 %	-0,29	7,7 %
Intervención combinada	-1,76	-2,95	100,0 %	3,64	100,0 %	1,57	100,0 %

C. Evolución temporal del sistema

Las trayectorias semanales conservaron el comportamiento cíclico definido por la intensidad académica. En el escenario de referencia, la carga efectiva media alcanzó su mínimo en la semana 20, con 27,01 h/semana, y su máximo en la semana 96, con 48,69 h/semana. La tensión docente registró su valor máximo en la semana 96, con 55,22 puntos, mientras que el bienestar alcanzó su mínimo en la semana 96, con 50,96 puntos. La calidad educativa no reprodujo exactamente los máximos y mínimos de la carga. Su mayor valor medio en el escenario de referencia se observó en la semana 40, con 74,43 puntos, lo que evidencia la dependencia temporal de los estados acumulados del modelo.

Durante uno de los periodos de máxima intensidad, la semana 96, la intervención combinada redujo la carga media de 48,69 a 46,30 h/semana y la tensión de 55,22 a 52,25 puntos. Paralelamente, el bienestar aumentó de 50,96 a 55,05 puntos y la calidad educativa de 69,12 a 70,89 puntos (Figura 2).

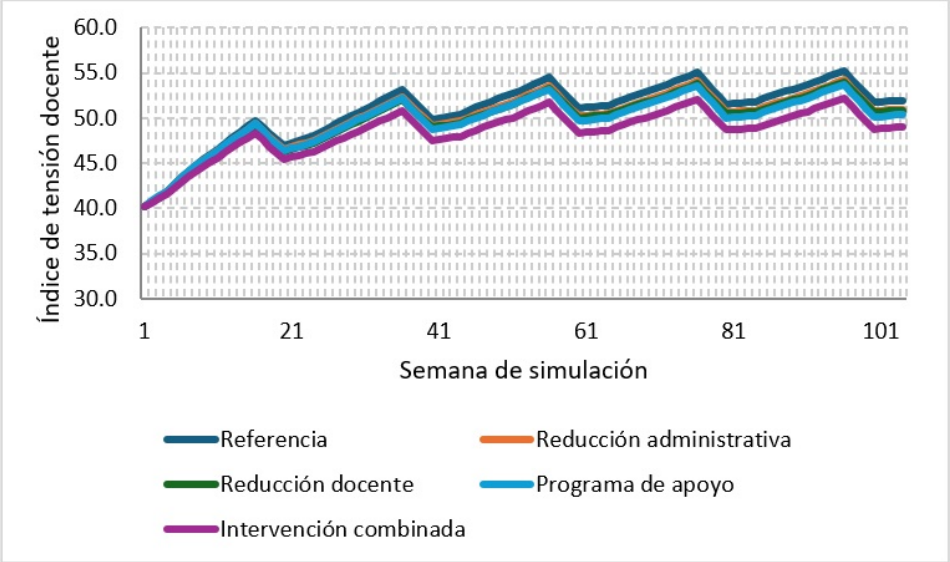


Fig. 2. Evolución temporal del índice medio de tensión docente en los cinco escenarios.

La evolución de la tensión docente muestra que los periodos de mayor intensidad académica se asociaron con incrementos recurrentes de este indicador; sin embargo, sus efectos no se trasladaron de manera inmediata ni proporcional a la calidad educativa. Esta diferencia temporal sugiere la presencia de retardos y efectos acumulativos dentro del sistema, por lo que resulta pertinente analizar de forma paralela el comportamiento de la calidad educativa a lo largo de las 104 semanas de simulación (Figura 3).

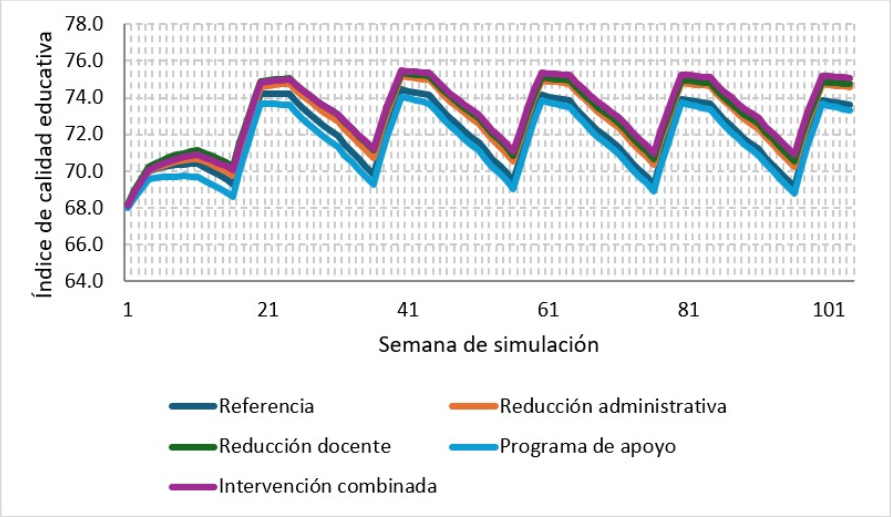


Fig. 3. Evolución temporal del índice medio de calidad educativa en los cinco escenarios.

D. Análisis de sensibilidad

El análisis de correlación por rangos de Spearman identificó que la tensión docente presentó la asociación de mayor magnitud con la capacidad de recuperación ($\rho = -0{,}455$), seguida por la presión institucional ($\rho = 0{,}447$) y las horas docentes base ($\rho = 0{,}417$)(Tabla 2).

El bienestar docente estuvo principalmente asociado con las horas docentes base ($\rho = -0{,}538$) y la capacidad de recuperación ($\rho = 0{,}503$). Para la calidad educativa, las asociaciones de mayor magnitud correspondieron a las horas docentes base ($\rho = -0{,}563$), la presión por tamaño de clase ($\rho = -0{,}472$) y la presión institucional ($\rho = -0{,}437$).

Tabla 2. Principales parámetros de sensibilidad en el escenario de referencia

Resultado	**Parámetro**	**ρ de Spearman**	**Análisis**
Tensión docente	Capacidad de recuperación	-0,455	mayor capacidad de recuperación se asoció con menor tensión docente
Tensión docente	Presión institucional	0,447	mayor presión institucional se asoció con mayor tensión docente
Tensión docente	Horas docentes base	0,417	mayor horas docentes base se asoció con mayor tensión docente
Bienestar docente	Horas docentes base	-0,538	mayor horas docentes base se asoció con menor bienestar docente
Bienestar docente	Capacidad de recuperación	0,503	mayor capacidad de recuperación se asoció con mayor bienestar docente
Bienestar docente	Horas de investigación	-0,315	mayor horas de investigación se asoció con menor bienestar docente
Calidad educativa	Horas docentes base	-0,563	mayor horas docentes base se asoció con menor calidad educativa
Calidad educativa	Presión por tamaño de clase	-0,472	mayor presión por tamaño de clase se asoció con menor calidad educativa
Calidad educativa	Presión institucional	-0,437	mayor presión institucional se asoció con menor calidad educativa

E. Convergencia y estabilidad de los resultados

La estabilidad de las estimaciones se evaluó con cantidades de 50, 100, 250, 500, 750 y 1 000 parametrizaciones. Con 500 conjuntos de parámetros, la mayor diferencia relativa respecto de las medias obtenidas con 1 000 ejecuciones fue de 0,473 %, valor inferior al criterio de 0,5 % establecido para la verificación. Con 750 parametrizaciones, la diferencia máxima se redujo a 0,162 % (Figura 4).

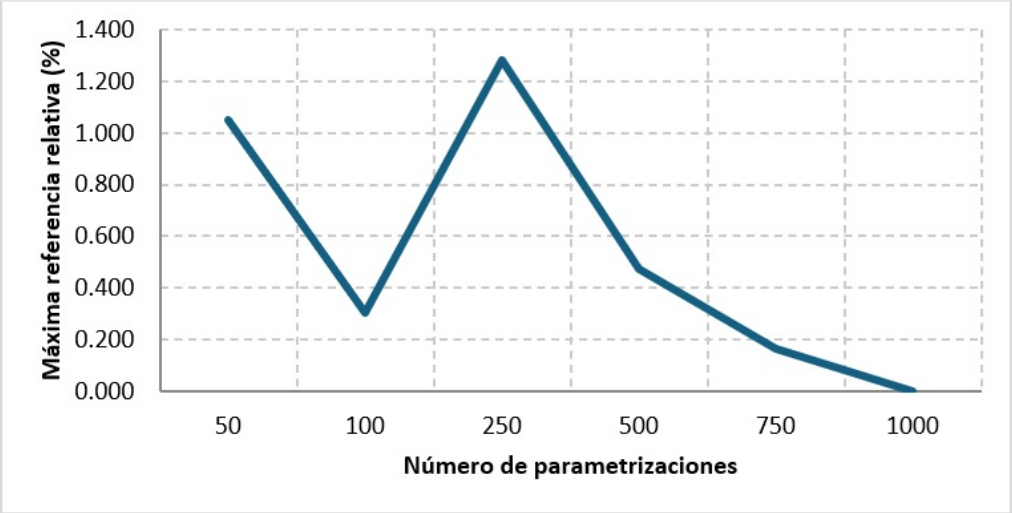


Fig. 4. Máxima diferencia relativa de las medias simuladas respecto de la solución con 1 000 parametrizaciones.

Las verificaciones incluidas en el recurso de datos confirmaron la existencia de 520 000 registros, el uso de los mismos 1 000 conjuntos de parámetros en los cinco escenarios, la utilización de un ciclo completo de 20 semanas para las comparaciones finales y la ausencia de saturaciones artificiales de los estados en los límites 0 y 100. En consecuencia, las diferencias observadas entre escenarios corresponden al comportamiento del modelo bajo las condiciones especificadas y no a truncamientos numéricos.

En términos generales, las simulaciones mostraron que el incremento aislado del apoyo institucional no produjo mejoras simultáneas en todas las dimensiones cuando se incorporaron sus costos temporales. En contraste, las intervenciones orientadas a reducir demandas de trabajo, particularmente cuando se combinaron con mecanismos moderados de apoyo y recuperación, generaron trayectorias con menor tensión, mayor bienestar y mayores niveles simulados de calidad educativa. Estos resultados deben interpretarse exclusivamente como comportamiento del sistema computacional analizado.

F. Discusión

Los resultados obtenidos a partir del conjunto de datos de simulación mostraron que la relación entre carga académica, tensión docente, bienestar y calidad educativa presentó un comportamiento interdependiente y no lineal. Este patrón es consistente con el enfoque de demandas y recursos laborales, según el cual las exigencias asociadas con docencia, investigación y gestión pueden incrementar el desgaste, mientras que determinados recursos organizacionales pueden favorecer el bienestar y el desempeño [2]. En el contexto universitario, estudios previos también han identificado relaciones entre demandas docentes, conflictos entre funciones académicas, agotamiento y disponibilidad de recursos institucionales [2], [3].

La reducción de la carga administrativa produjo mejoras simultáneas en tensión, bienestar y calidad simulada, mientras que la disminución de la carga docente generó una reducción más pronunciada de la carga efectiva y favoreció la adecuación de la preparación. Estos resultados son compatibles con investigaciones que han señalado el peso de las demandas administrativas, el número de estudiantes atendidos y la combinación de docencia, investigación y servicio como factores relevantes en el desgaste del profesorado universitario [3], [9]. Dentro del modelo analizado, la disminución de determinadas demandas liberó recursos temporales que pudieron destinarse a preparación, recuperación y otras funciones académicas.

Un resultado particularmente relevante correspondió al escenario de apoyo institucional. Aunque esta intervención disminuyó la tensión y produjo una mejora moderada del bienestar, no generó un incremento medio de la calidad educativa. Este comportamiento no implica que el apoyo institucional sea desfavorable, sino que refleja la incorporación explícita de costos temporales asociados con coordinación, participación y ejecución de las actividades de apoyo. De esta forma, la simulación representó un posible efecto de compensación: una intervención puede aportar recursos y, simultáneamente, generar nuevas demandas. Esta interpretación coincide con planteamientos que advierten que determinadas iniciativas institucionales pueden incrementar la carga laboral cuando requieren tiempo adicional de los docentes [5], [7].

La intervención combinada presentó el comportamiento más favorable al integrar reducción de demandas con mecanismos de apoyo y recuperación. La disminución simultánea de la tensión y el aumento del bienestar y de la calidad en las parametrizaciones analizadas sugieren que, bajo los supuestos del modelo, las políticas integrales generan respuestas más equilibradas que las intervenciones dirigidas exclusivamente a un componente. Este resultado mantiene coherencia con el modelo *Job Demands–Resources*, que plantea que la reducción de demandas excesivas y la disponibilidad de recursos actúan mediante procesos complementarios [2], [7].

El análisis de sensibilidad identificó las horas docentes, la presión institucional, la capacidad de recuperación y la presión asociada al tamaño de clase entre los parámetros con mayor influencia sobre las variables de salida. En particular, una mayor carga docente se relacionó con menor bienestar y calidad, mientras que una mayor capacidad de recuperación se asoció con menor tensión y mayor bienestar. Estas asociaciones resultan conceptualmente consistentes con antecedentes sobre demandas y recursos laborales [2], [4]; sin embargo, deben interpretarse exclusivamente como propiedades del sistema simulado y no como estimaciones causales obtenidas de profesores reales.

A pesar de que los datos son simulados, el análisis muestra la utilidad de la dinámica de sistemas para explorar problemas educativos caracterizados por múltiples interacciones, retroalimentaciones y retardos temporales. El modelo no pretende predecir el comportamiento de instituciones específicas, sino proporcionar un entorno computacional reproducible para examinar escenarios, identificar relaciones relevantes y formular hipótesis susceptibles de posterior evaluación empírica.

CONCLUSIONES

El modelado mediante dinámica de sistemas permitió analizar de forma integrada la interacción entre carga académica, tensión docente, bienestar y calidad educativa bajo distintos escenarios institucionales simulados. Los resultados mostraron que estas variables no evolucionan de manera independiente, sino mediante relaciones dinámicas, acumulativas y con retardos temporales que modifican el comportamiento global del sistema. Las intervenciones orientadas a reducir demandas laborales produjeron mejoras consistentes en los indicadores simulados. La reducción de la carga administrativa disminuyó la tensión y favoreció el bienestar y la calidad educativa, mientras que la disminución de la carga docente generó una reducción más pronunciada de la carga efectiva y mejoró la adecuación del tiempo destinado a la preparación académica.

El apoyo institucional, cuando implicó nuevas exigencias de participación y coordinación, no produjo mejoras simultáneas en todas las dimensiones analizadas. Este resultado evidenció la importancia de considerar los costos temporales asociados con las propias estrategias institucionales y de evaluar las políticas universitarias desde una perspectiva sistémica. La intervención combinada presentó el comportamiento más favorable, al integrar reducción de demandas con mecanismos de apoyo y recuperación. Bajo los supuestos del modelo, esta configuración produjo menor tensión docente y mayores niveles de bienestar y calidad educativa, lo que sugiere que las intervenciones multidimensionales pueden generar respuestas más equilibradas que las actuaciones aisladas.

El análisis de sensibilidad identificó la carga docente, la presión institucional, la capacidad de recuperación y la presión asociada al tamaño de clase como parámetros relevantes para la evolución del sistema. Estos resultados aportan elementos para formular hipótesis y diseñar posteriores estudios empíricos orientados a evaluar las relaciones observadas en contextos universitarios reales. Finalmente, los resultados deben interpretarse exclusivamente como comportamiento de un sistema computacional construido a partir de datos simulados. No constituyen estimaciones empíricas sobre docentes o universidades reales. Sin embargo, la reproducibilidad del conjunto de datos, la estabilidad de las simulaciones

y la posibilidad de evaluar escenarios alternativos muestran el potencial de la dinámica de sistemas como herramienta para apoyar el análisis y diseño de políticas académicas en educación superior.

REFERENCIAS

[1] J. Han, H. Yin, J. Wang, and J. Zhang, "Job demands and resources as antecedents of university teachers' exhaustion, engagement and job satisfaction," *Educational Psychology*, vol. 40, no. 3, pp. 318–335, 2020.

[2] M. Naidoo-Chetty and M. du Plessis, "Job demands and job resources of academics in higher education," *Frontiers in Psychology*, vol. 12, p. 631171, 2021.

[3] K. Zábrodská, J. Mudrák, I. Šolcová, P. Květoň, M. Blatný, and K. Machovcová, "Burnout among university faculty: The central role of work–family conflict," *Educational Psychology*, vol. 38, no. 6, pp. 800–819, 2018.

[4] J. D. Sterman, *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Boston, MA, USA: Irwin/McGraw-Hill, 2000.

[5] A. Neufeld, C. Orsini, and R. Imafuku, "A leadership guide to applying the Job Demands–Resources (JD-R) theory for faculty engagement and burnout prevention in health professions education: AMEE Guide No. 194," *Medical Teacher*, pp. 1–12, 2026.

[6] F. Suárez-Carreño, "Computational simulation data on academic workload, faculty well-being, and educational quality in university systems," Zenodo, Dataset, ver. 2.0.0, Oct. 2026, publicado el 8 de octubre de 2026. [Online]. Available: https://doi.org/10.5281/zenodo.23242695

[7] A. B. Bakker and E. Demerouti, "The Job Demands–Resources model: State of the art," *Journal of Managerial Psychology*, vol. 22, no. 3, pp. 309–328, 2007.

[8] N. Metropolis and S. Ulam, "The Monte Carlo method," *Journal of the American Statistical Association*, vol. 44, no. 247, pp. 335–341, 1949.

[9] J. R. Lackritz, "Exploring burnout among university faculty: Incidence, performance, and demographic issues," *Teaching and Teacher Education*, vol. 20, no. 7, pp. 713–729, 2004.