



COMPLEJIDAD EN ACCIÓN:

UNA GUÍA PARA EL FUTURO PROFESIONAL



EDICIONES
COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA

María del Consuelo Salgado Soto
Nora del Carmen Osuna Millán
Margarita Ramírez Ramírez
Ricardo Fernando Rosales Cisneros
(coordinadores)

Complejidad en acción: una guía para el futuro profesional



**EDICIONES
COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA**

Ediciones Comunicación Científica se especializa en la publicación de conocimiento científico de calidad en español e inglés en soporte de libro impreso y digital en las áreas de humanidades, ciencias sociales y ciencias exactas. Guía su criterio de publicación cumpliendo con las prácticas internacionales: dictaminación de pares ciegos externos, autenticación antiplagio, comités y ética editorial, acceso abierto, métricas, campaña de promoción, distribución impresa y digital, transparencia editorial e indexación internacional.

Cada libro de la Colección Ciencia e Investigación es evaluado para su publicación mediante el sistema de dictaminación de pares externos y autenticación antiplagio. El proceso de dictaminación y su trazabilidad puede consultarse, así como el libro en Acceso Abierto.



comunicacion-cientifica.com

[DOI.ORG/10.52501/cc.395](https://doi.org/10.52501/cc.395)



**COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA**

PUBLICACIONES
ARBITRADAS

HUMANIDADES, SOCIALES Y CIENCIAS

CC+I

**COLECCIÓN
CIENCIA e
INVESTIGACIÓN**

Complejidad en acción: una guía para el futuro profesional

María del Consuelo Salgado Soto
Nora del Carmen Osuna Millán
Margarita Ramírez Ramírez
Ricardo Fernando Rosales Cisneros
(coordinadores)



**EDICIONES
COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA**

Complejidad en acción : una guía para el futuro profesional / coordinadores María del Consuelo Salgado Soto y otros. – Ciudad de México : Comunicación Científica, 2026. (Colección Ciencia e Investigación)

163 páginas : ilustraciones ; 23 x 16.5 centímetros

DOI: 10.52501/cc.395

ISBN: 978-968-9738-21-3

1. Complejidad (Filosofía). 2. Administración. 3. Comportamiento organizacional. I. Salgado Soto, María del Consuelo, coordinadora. II. Osuna Millán, Nora del Carmen, coordinadora. III. Ramírez Ramírez, Margarita, coordinadora. IV. Rosales Cisneros, Ricardo Fernando, coordinador.

LC: B105.C473 C66

DEWEY: 117 C66

La titularidad de los derechos patrimoniales y morales de esta obra pertenece a los coordinadores D.R. © María del Consuelo Salgado Soto, Nora del Carmen Osuna Millán, Margarita Ramírez Ramírez y Ricardo Fernando Rosales Cisneros, 2026. Reservados todos los derechos conforme a la Ley. Su uso se rige por una licencia Creative Commons BY-NC-ND 4.0 Internacional, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.es>

Primera edición en Ediciones Comunicación Científica, 2026

Diseño de portada: Francisco Zeledón • Interiores: Guillermo Huerta



Ediciones Comunicación Científica, S. A. de C. V., 2026,

Av. Insurgentes Sur 1602, piso 4, suite 400,

Crédito Constructor, Benito Juárez, 03940, Ciudad de México,

Tel.: (52) 55-5696-6541 • Móvil: (52) 55-4516-2170

info@comunicacion-cientifica.com • www.comunicacion-cientifica.com

 comunicacioncientificapublicaciones  @ ComunidadCient2

ISBN 978-968-9738-21-3

DOI 10.52501/cc.395



Esta obra fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos externos.
La trazabilidad de la dictaminación puede consultarse, así como el libro en
acceso abierto, en <https://doi.org/10.52501/cc.395>

Índice

<i>Presentación</i>	9
<i>Prólogo</i>	11
<i>Introducción</i>	17
1. Fundamentos de los sistemas complejos <i>Hilda Beatriz Ramírez Moreno y Esperanza Manrique Rojas.</i>	21
2. Métodos y herramientas para estudiar la complejidad <i>Margarita Ramírez Ramírez, Maricela Sevilla Caro y María del Consuelo Salgado Soto.</i>	41
3. Aplicación de la complejidad en la inteligencia de negocios <i>Josue-Miguel Flores-Parra, Nora del Carmen Osuna-Millán y Ricardo Fernando Rosales-Cisneros.</i>	59
4. La administración en entornos complejos: gestión, caos y adaptación <i>Claudia Berra Barona, Yirandy Josué Rodríguez León e Ivonne Jacqueline Cruz.</i>	73
5. Complejidad y estrategia en los negocios internacionales <i>Roberto Reyes Rivera, Robert Efraín Zárte Cornejo y Lourdes Cutti Riveros</i>	85

6. Complejidad aplicada a la contaduría <i>Zurisaddai Rubio Arriaga, Julio Octavio Blas Flores y María Soledad Plazola Rivera.</i>	105
7. Retos y futuro de la complejidad en las ciencias sociales <i>Juan Antonio Meza Fregoso, Carlos Hurtado Sánchez y Carlos Alberto Flores Sánchez.</i>	119
8. De la complejidad al valor: Ecosistemas organizacionales en práctica <i>Eduardo Ahumada-Tello y Manuel Castañón-Puga.</i>	133
<i>Sobre los autores</i>	151

Presentación



DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.395.00.01>

Esta obra tiene como propósito el ofrecer un enfoque integrador hacia campos fascinantes y necesarios para la comprensión de fenómenos contemporáneos, como es la visión de la complejidad de los problemas y situaciones actuales, surge esta contribución académica como resultado de un trabajo colaborativo, en el que se analizan planteamientos de problemáticas y situaciones específicas desde la óptica de diferentes disciplinas de docentes de la Facultad de Contaduría y Administración en la Universidad Autónoma de Baja California.

A través de los capítulos se introduce a las teorías básicas de la complejidad, posteriormente se amplía el alcance que tiene la complejidad en las ciencias administrativas, en donde los procesos como la toma de decisiones, la planeación estratégica y la gestión en las organizaciones adquieren nuevos enfoques al ser entendidos como sistemas dinámicos y complejos.

En este libro se expone la pertinencia de conocer a la complejidad como un enfoque integral que promueva la investigación, la docencia y práctica profesional en distintos campos de las ciencias administrativas como parte del futuro profesional de estas áreas. Está dirigido a académicos y estudiantes como una guía para el futuro que invita a pensar, a reflexionar de una manera diferente adoptando una mirada que favorezca la comprensión y promueva acciones en un mundo interconectado, complejo y dinámico.

Prólogo



DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.395.00.02>

Las ciencias de la complejidad —esto es suficientemente conocido— nacen y se nutren durante un tiempo de las ciencias naturales, las matemáticas y la computación. Al fin y al cabo: a) se trataba —y aún sucede así— del grupo de ciencias más desarrolladas teórica, institucional y socialmente, pero b) los fenómenos y sistemas de que se ocupan aquellas ciencias son bastante más elementales. Sólo posteriormente, pero gradualmente, las ciencias de la complejidad han reconocido expresamente que los más fantásticamente complejos de todos los fenómenos son los sistemas sociales humanos, incluso mucho más que los sistemas específicamente biológicos. Así, más recientemente, los más desafiantes trabajos e investigaciones tienen que ver con los sistemas sociales humanos, *lato sensu*.

Los sistemas sociales humanos están marcados por alta indeterminación, no-linealidad, turbulencias fluctuaciones y perturbaciones, por ejemplo: en ocasiones requieren de direccionamiento y en ocasiones también de muchos grados de libertad. No existe una frontera rígida y claramente definida que permita distinguir un plano del otro. Por decir lo menos —pero ello no termina ni de explicar ni de resolver el problema— implican equilibrios dinámicos. Una palabra, en realidad, cuando el problema se torna eminentemente práctico.

Las buenas teorías implican criterios claros de acción. Inversamente, malas comprensiones y explicaciones conducen a acciones erráticas y des-

afortunadas. Precisamente por ello, nada hay más práctico que una buena teoría.

En América Latina, *grosso modo*, el cincuenta por ciento de todos los grupos de investigación y más de la mitad de la producción intelectual tiene que ver con las ciencias sociales y humanas en sentido amplio, esto es, las ciencias sociales teóricas o conceptuales y aquellas que son aplicadas. La razón es elemental: *grosso modo*, Latinoamérica aún hace de su futuro —o futuros posibles— el principal tema de sus preocupaciones. El futuro no está dado y ciertamente no de antemano. Se construye paso a paso, se siembra día a día, de un gobierno al otro, de un conjunto de avatares al siguiente. Este, sin embargo, es un motivo de optimismo. En Nuestra América todo está aún por hacer, y sí, sin editorializar el futuro de, la familia humana, y con ella, de la biosfera pasa medularmente por América Latina, en realidad, por *Abya-Yala*, la casa común.

He ido y venido mil y una veces por toda América Latina y siempre aparece una preocupación transversal, independientemente de los países, las sociedades, incluso los regímenes o sistemas políticos: Se trata de la preocupación por “métodos y herramientas” de la complejidad. En ninguna otra parte del planeta existe una inquietud semejante. La razón que explica esta circunstancia no es difícil de entender. En general, en contextos de escasez se requiere que lo poco que hay tenga utilidad y sirva para algo. De esta suerte, emerge siempre la preocupación en torno a ¿y cómo se trabaja en complejidad? ¿Cuáles son las implicaciones prácticas de las ciencias, disciplinas y lógicas constitutivas de las ciencias de la complejidad? ¿Con qué herramientas o métodos o metodologías podemos hacer qué en complejidad en un marco determinado? Y siempre aparece la pregunta por las aplicaciones, de tal o cual teoría o herramienta, de tal o cual ciencia o disciplina.

En todos los casos se trata de preocupaciones distintivamente latinoamericanas con profundas raíces sociales, económicas y políticas. Así las cosas, una de las obligaciones de la comunidad académica y la científica consiste en suministrarle herramientas, al mismo tiempo conceptuales y teóricas, a la sociedad en sentido amplio. Es lo que nos demandan, es lo que esperan de buena parte de nosotros. El reto no es menor.

Dicho en otras palabras, la buena investigación en Latinoamérica está fuertemente marcada por el entrecruzamiento entre internalismo y externalismo. O también, en América Latina, los asuntos éticos son bastante más que cuestiones discursivas o de tipos de racionalidad. En Nuestra América, literalmente, la ética es un asunto agónico. Y la ética remite, como es suficientemente sabido, a los temas relativos a cómo vivir, cómo hemos vivido y cómo podemos vivir, en el sentido más amplio y profundo de la palabra que, por consiguiente, marca de un extremo al otro a todas las ciencias sociales y humanas.

En otros términos, el asunto resulta enteramente en cómo hacer posible la vida y cómo gestionar los asuntos humanos, para lo cual diferentes ciencias y disciplinas quieren hacer sus aportes: la ciencia política tanto como la economía, la sociología, las relaciones internacionales y la antropología, las ciencias de la administración y el derecho, en fin, la contaduría, los negocios internacionales y la comunicación, por ejemplo. Con todo, prima una preocupación, pero en absoluto un consenso, ni siquiera una mayoría. El paisaje teórico y práctico de las ciencias sociales es, en el mejor de los casos, prismático y polifónico, antes que con un tono dominante y un matiz principal.

Vamos aprendiendo todos de todos lo mejor posible. Al fin y al cabo el aprendizaje es *conditio sine qua non* para la adaptación. Los sistemas verdaderamente vivos aprenden, pero aprenden como puedan, y siempre lo más pronto posible. Al día de hoy, el aprendizaje sigue siendo una caja negra. No hay una regla de oro en la evolución, como tampoco en los paisajes del conocimiento. No hay nada que hacerle, la evolución es chapucera y oportunista, acaso lo mejor que puede hacer es trabajar con exaptaciones, es decir, recoger hoy cosas que no se sabe bien cómo mañana puedan ser aprovechadas y mañana saber hacer uso de cosas de ayer, cuyo sentido o practicidad en su momento no se supo entender enteramente.

El más formidable de los retos en el marco trazado anteriormente tiene que ver con el significado y los usos de la inteligencia artificial. Es evidente: la IA llegó para quedarse. Y, sin embargo, la inmensa mayoría de empresas, colegios y universidades están completamente equivocadas al respecto, pues no sin buenas intenciones, desarrollan toda clase de cursos, seminarios y charlas conducentes al conocimiento, usos y aplicaciones de la IA. Lo que

ocultan todas esas reflexiones, y presuntamente buenas inquietudes, es que semejantes consideraciones y acciones reducen a estudiantes, profesores y trabajadores a ser simplemente consumidores. Y si ayer se trataba de consumo de Coca-Cola o de Marlboro, por ejemplo, hoy todo es consumo de tecnología y mucha IA. La lógica no cambia para nada, sigue siendo la misma. Desiderativamente, sería mucho mejor si el trabajo se reorientara hacia: i) una reflexión sobre el sentido entero de la IA y ii) a aprender a leer y a escribir código. Pero este es otro tema aparte.

La ciencia, en general, se debe a los resortes sociales y culturales históricos, pero también personales de quienes llevan a cabo la labor de investigación, ya sea básica o experimental o aplicada. Quisiera decirlo radicalmente: no existe la sociología, o el derecho, o la administración, por ejemplo. Existe una sociología polaca, una francesa, otra alemana y una más estadounidense, por ejemplo. Lo mismo cabe decir con respecto a otras áreas y dominios. Hacer academia y ciencia en general (*überhaupt*) es un (neo) colonialismo, *avant* o bien *après la lettre*. Sin dejar de mirar al reto del orbe, debemos poder mirar y escuchar también a nuestras raíces: locales, regional, nacional o también, en este caso, continentales. En ello, simple y llanamente, consiste un entendimiento sensible.

El libro que tenemos ante nosotros es al mismo tiempo un producto y un reflejo de las consideraciones anteriores. De aquí su valía. Escuchamos atentamente una pluralidad de voces con una partitura común. Colegas y amigos de la Universidad Autónoma de Baja California con formaciones consolidado y otras en proceso —todos estamos siempre en proceso— nos ofrecen sus experiencias, teóricas y prácticas tanto sobre la letra como sobre el espíritu de lo que precede. Es un regalo, un don de su parte, y todos nosotros, lectores, auditorio, les estamos altamente agradecidos. Los textos escritos son la memoria material de la palabra hablada y de tantas experiencias no sedimentadas. Sin la menor duda, un trabajo escrito, y como es el caso en esta ocasión, de numerosas manos, es un acto obsequioso que sólo merece nuestra gratitud y reconocimiento. Pero como siempre, la última palabra la tiene el lector. El lector que no ha participado en el nacimiento de este libro tanto como quienes efectivamente así lo han hecho. Un buen autor es un excelente lector, también de sus propios trabajos.

La complejidad en acción: una guía para el futuro. La promesa de valor no es poca. Abrimos, con gusto, las páginas que conforman este libro colectivo. Y nos zambullimos en la lectura.

CARLOS EDUARDO MALDONADO
PROFESOR TITULAR
FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD EL BOSQUE

Introducción



DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.395.00.03>

La presente obra *Complejidad en acción: una guía para el futuro profesional* se compone de ocho capítulos, los cuales permiten vislumbrar un panorama actual y futuro de las ciencias administrativas y de negocios ante la inmersión en la complejidad, cada vez más integrada en los procesos cotidianos.

Para iniciar, el capítulo uno presenta un estudio de los sistemas complejos, donde presenta de manera específica como ha sido la evolución en los procesos o actividades rutinarias, lo cual permite una mayor comprensión de los fenómenos caracterizados por múltiples variables con una constante interacción. Los sistemas como un todo no pueden ser analizados de forma aislada o en partes, es necesario visualizarlo completo y sus componentes integrados. También en este capítulo se abordan problemas que no responden a lógicas lineales ni ofrecen soluciones únicas.

El capítulo dos se relaciona con el estudio de modelos y simulaciones orientado a una mejor comprensión de la complejidad donde se aborda a este desde el punto de vista de sistemas en un ámbito organizacional, social, tecnológico y natural, enfocados en el análisis y comprensión de los fenómenos donde se visualizan las nuevas propiedades que se derivan de las relaciones e interacciones de sus componentes. También se exploran herramientas para el análisis desde enfoques cuantitativos y cualitativos, que permiten diseñar modelos y simulación de escenarios para identificar relaciones y flujos de información que facilitan la toma de decisiones estratégicas.

Se continúa con el capítulo tres, el cual revisa la teoría de la complejidad como un marco de trabajo para la inteligencia de negocios (BI) en el ambiente organizacional. La complejidad representa una característica representativa e innata de los datos, la información, los proyectos y los sistemas organizacionales. Se analiza cómo maneja la complejidad el uso de métodos analíticos avanzados como el análisis de componentes principales (PCA) y el aprendizaje automático. Adicionalmente, se presenta un comparativo entre la administración de proyectos tradicional y la ágil, lo anterior se basa en los beneficios u orientaciones de cada uno de los marcos de trabajo.

Actualmente, las organizaciones no pueden entenderse como máquinas rígidas en las que cada parte funciona de manera aislada, sino todo lo contrario, se parecen más a sistemas vivos: abiertos, cambiantes e interdependientes; el capítulo cuatro presenta de manera introductoria a las organizaciones como sistemas adaptativos complejos. Los sistemas se caracterizan por su capacidad de aprender, reorganizarse y evolucionar constantemente. En este marco, el liderazgo deja de ser una figura de control y pasa a ser un facilitador que impulsa el aprendizaje, la innovación y la autonomía de los equipos; por tanto, la incertidumbre deja de ser vista como una amenaza y se reconoce como parte natural del proceso. Aunque a primera vista el entorno parezca caótico, suelen aparecer patrones que ayudan a orientar las decisiones. Por ello, la gestión no puede basarse en un control rígido, sino en decisiones flexibles, experimentales y ajustables.

El capítulo cinco analiza la complejidad de los negocios internacionales en la actualidad, donde se presentan factores económicos, culturales, legales y tecnológicos, los cuales interactúan de manera dinámica y no lineal, y estos crean entornos turbulentos al aumentar de manera paralela los riesgos y oportunidades en los mercados globales. Esta participación se enfoca principalmente en los fundamentos de la Teoría de la Complejidad, el modelo VUCA (Complejidad, Incertidumbre, Volatilidad y Ambigüedad), los siete principios de pensamiento estratégico de Sanders y los niveles de turbulencia de Igor Ansoff.

La complejidad aplicada a la contaduría se presenta en el capítulo seis y se atiende desde una perspectiva transdisciplinar, donde se integran tres ejes: los sistemas financieros complejos como marcos de referencia para comprender la no linealidad y la interdependencia en los procesos contables; los modelos predictivos de auditoría como herramientas tecnológicas para

anticipar riesgos y optimizar el control en empresas de servicios comerciales e industriales; y la adaptación de la contaduría a entornos volátiles, inciertos, complejos y ambiguos (VUCA).

En el capítulo siete se abordan desafíos y perspectivas a la que se enfrenta la integración de la complejidad en las ciencias sociales. Los autores proponen un enfoque centrado en la interdisciplinariedad y la colaboración para comprender fenómenos como la desigualdad, la gobernanza social, la transformación digital y el cambio climático. También se presentan enfoques que combinan datos narrativos y procesos participativos que impactan en las políticas públicas y cambio social. Finalmente, se analiza la contribución de las tecnologías emergentes de cómo pueden ofrecer nuevas oportunidades para el comportamiento individual, y se invita a reflexionar sobre la necesidad de políticas públicas adaptativas para la sostenibilidad, la equidad y la resiliencia.

En el último capítulo, titulado “De la complejidad al valor: ecosistemas organizacionales en práctica”, se propone un marco para comprender a los ecosistemas organizacionales inteligentes donde se expone cómo surge el valor de la interacción entre los actores, además, se plantea que los resultados emergen de las relaciones dinámicas que se presentan entre los mismos actores, para crear condiciones en que se favorecen a la cooperación, aprendizaje y la toma de decisiones oportunas. A través de un caso se explica cómo la colaboración masiva y la integración de datos aceleran el aprendizaje y la adaptación al mercado. Finalmente, en este capítulo se plantea una agenda, la inteligencia colectiva, herramientas orientadas a fortalecer la inteligencia colectiva, ética socio técnica, incentivos y estudios longitudinales en entornos complejos.

Los autores persiguen demostrar que la complejidad se encuentra en todas las áreas y disciplinas, por lo que las ciencias administrativas no pueden ignorar la atención de los problemas y diseño de soluciones (contables, de negocios, de inteligencia, sociales y en ecosistemas organizacionales); es así como la obra *Complejidad en acción: una guía para el futuro profesional* contribuye a generar una ideología o adopción del marco de trabajo complejo, que permite comparar con la disciplina, área u organización en que nos encontremos y así generar una mejor atención a la toma de decisiones y orientación en las diferentes profesiones.

1. Fundamentos de los sistemas complejos



HILDA BEATRIZ RAMÍREZ MORENO*

ESPERANZA MANRIQUE ROJAS**

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.395.01>

Resumen

El estudio de los sistemas complejos ofrece una evolución para la comprensión de fenómenos caracterizados por múltiples variables en constante interacción. Se reconoce que ningún sistema puede explicarse si se analiza de forma aislada o en partes, es necesario visualizarlo en su totalidad e integración de sus componentes. Los sistemas complejos abordan problemas que no responden a lógicas lineales ni ofrecen soluciones únicas. Procesos como el tráfico vehicular, la organización social o el comportamiento ecológico son ejemplos de dinámicas complejas que se transforman con el tiempo y requieren enfoques abiertos y adaptativos.

Características como la no linealidad, la emergencia, la autoorganización y la sensibilidad a las condiciones iniciales permiten identificar patrones inesperados en sistemas naturales, sociales y tecnológicos. Además, conceptos como la teoría del caos y el efecto mariposa ayudan a entender la dificultad de hacer predicciones en entornos variables. Por su parte, la autoorganización ilustra cómo el orden puede surgir sin control central. En un mundo marcado por la incertidumbre, la complejidad no solo amplía las formas de interpretar la realidad, sino que invita a construir respuestas

* Doctora en Educación. Profesora-investigadora de la Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4816-8382>

** Doctora en Educación. Profesora de tiempo completo titular "C" en la Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1928-9353> ; Scopus ID: 55933198100

más creativas, colaborativas y contextualizadas frente a los desafíos contemporáneos.

Palabras clave: *sistema, complejidad, autoorganización.*

Historia del origen de los sistemas

La Teoría General de Sistemas (TGS) surgió con los trabajos del alemán Ludwig Von Bertalanffy en la década de 1920, cuando se percató de la necesidad de contar con principios unificadores en las ciencias naturales y sociales. La TGS es fundamental para la integración del conocimiento, afirma que las propiedades de los sistemas no pueden ser descritos en términos de sus componentes separados, deben estudiarse en forma global involucrando todos sus elementos.

La TGS se fundamenta en tres premisas básicas donde se menciona que todo sistema existe dentro de otro sistema, los sistemas son abiertos donde se recibe y descarga energía, datos, dinero, información según el propósito del sistema y, por último, las funciones del sistema dependen de su estructura, se refiere a la relación e integración de sus elementos o partes para funcionar de forma adecuada.

Su popularidad se presentó al término de la Segunda Guerra Mundial, donde se le conoce como era de las máquinas o era de los sistemas. Adquirió reconocimiento por la diversidad que presenta, de ahí la importancia de la palabra sistema donde implica integridad, totalidad, unificación de partes y logro de metas.

Un sistema se entiende como un conjunto de elementos organizados que interactúan entre sí para alcanzar un objetivo específico. Todos los sistemas comparten componentes fundamentales: una meta, elementos constitutivos, entradas, procesos y salidas.

El concepto de sistema tiene un carácter multidisciplinario, ya que puede aplicarse en diversos contextos, como un sistema de cómputo, un sistema fotográfico, un sistema nervioso, un sistema de inyección o un sistema educativo. En todos los casos, se destaca la integración de elementos interrelacionados que funcionan de manera coordinada para lograr un fin común.

Ante esto, surge una pregunta clave: ¿a qué se hace referencia cuando se habla de un sistema complejo?

La complejidad: ¿qué es la complejidad?

Para comprender qué se entiende por sistema complejo, es necesario revisar una de las principales teorías que sustentan su estudio: la Teoría General de Sistemas (TGS). La complejidad se enfoca en el análisis de sistemas compuestos por múltiples elementos interconectados, cuya interacción genera comportamientos difíciles de predecir. Esta perspectiva ha sido aplicada en diversos campos del conocimiento, como la física, la biología, la educación, entre otros.

El término complejidad proviene del latín *plexus*, que significa “entrelazado” o “entretejido”. Desde esta visión, lo complejo no es algo que pueda controlarse o manipularse en su totalidad; más bien, se gestiona desde la apertura a futuros posibles y la aceptación de lo inesperado.

¿Qué es un sistema complejo?

Un sistema complejo se distingue por sus dinámicas en constante cambio, irreversibles e impredecibles, que lo hacen diferente a los sistemas generales o sistemas de información. Estos sistemas no pueden comprenderse únicamente desde un enfoque lineal o determinista, pues implican procesos de adaptación, aprendizaje y autoorganización que surgen cuando se encuentran lejos del equilibrio. Su complejidad radica en que están sujetos al tiempo y la evolución, lo que les confiere comportamientos emergentes, inciertos y no reducibles a explicaciones convencionales. En otras palabras, un sistema complejo se define por la interacción de múltiples elementos y por la capacidad de generar nuevas propiedades que no pueden deducirse de manera directa de sus componentes aislados (Reyna, 2025).

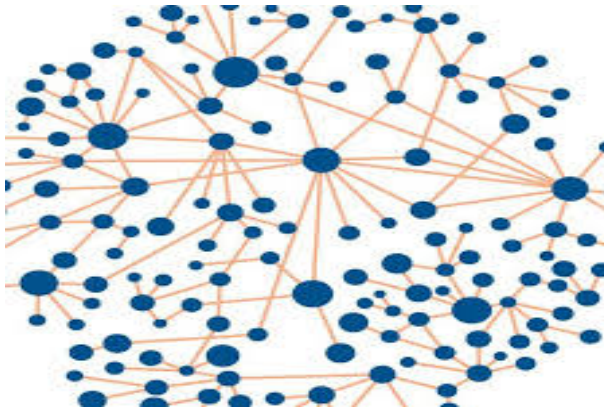
Es un sistema en el cual los procesos que determinan su función son el resultado de los múltiples factores que interactúan entre ellos. Cuantos más

componentes y mayor sea la variedad de sus comportamientos, mayor será su complejidad.

Características de los sistemas complejos (LESGA, 2016):

- **Interconexión y relaciones:** La complejidad supone la presencia de diversos elementos o componentes que se encuentran conectados entre sí e interactúan de forma no lineal. Dichas interacciones pueden manifestarse de manera directa o indirecta, y comprenderlas resulta fundamental para interpretar la figura 1.1

Figura 1.1. *Ejemplo del proceso de interconexión en un sistema complejo*



Fuente: Canvus.ai (2025). Representación gráfica de una interconexión en un sistema complejo.

- **Propiedades emergentes:** En los sistemas complejos aparecen propiedades nuevas, es decir, rasgos y comportamientos que no pueden entenderse únicamente observando cada parte por separado. Estas características surgen de las interacciones entre los distintos componentes y generan fenómenos o estructuras inéditas.
- **No linealidad:** La complejidad suele estar asociada con relaciones no lineales entre causa y efecto. De este modo, variaciones mínimas o perturbaciones dentro del sistema pueden generar consecuencias

inesperadas y desproporcionadas en su comportamiento general, lo que dificulta predecirlo y comprenderlo por completo.

- **Adaptabilidad y transformación:** Los sistemas complejos poseen la capacidad de ajustarse y reaccionar ante cambios o alteraciones en su entorno. Pueden autorregularse y autoorganizarse con el fin de conservar equilibrio y estabilidad, incluso en escenarios variables.
- **Jerarquía y escalabilidad:** Con frecuencia, los sistemas complejos exhiben una organización jerárquica, en la que los componentes más pequeños o locales se integran en niveles superiores que conforman un sistema más amplio y sofisticado. Asimismo, son escalables, lo que implica que sus patrones estructurales y de comportamiento se mantienen tanto en escalas reducidas como en niveles mayores.

Para entender mejor el concepto de un sistema complejo en nuestro día a día, lo podemos visualizar en el entorno en las siguientes actividades o procesos:

Tráfico vehicular: El movimiento de los autos en la ciudad es un sistema complejo, porque las decisiones de los conductores, las señales de tránsito y el estado de las calles se combinan y pueden provocar situaciones inesperadas, como embotellamientos (ver figura 1.2).

Figura1.2. *Ejemplo de tráfico vehicular*



Fuente: Canvus.ai (2025). Representación del tráfico vehicular.W

Condiciones climáticas: El clima surge de la combinación de diversos factores atmosféricos, entre ellos la temperatura, la humedad y la presión.

Su carácter caótico y la alta sensibilidad a las condiciones iniciales hacen que predecirlo resulte una tarea complicada (ver figura 1.3).

Figura 1.3. *Ejemplo de condiciones climáticas*



Fuente: Canvus.ai (2025). Representación de las condiciones climáticas.

Equilibrio en ecosistemas: Los ecosistemas representan sistemas complejos en los que la desaparición de una especie puede modificar de forma significativa las interacciones entre los organismos, impactando la biodiversidad y la estabilidad del medio.

Teoría del caos

La teoría del caos se enfoca en el estudio de sistemas dinámicos no lineales que presentan una alta sensibilidad a las condiciones iniciales. Esto significa que pequeñas diferencias en el punto de partida pueden generar resultados muy distintos, lo cual dificulta la posibilidad de realizar predicciones a largo plazo. Aunque estos sistemas son deterministas, es decir, siguen reglas definidas, su comportamiento complejo los vuelve impredecibles. Entre sus fundamentos se encuentran la no linealidad, la dependencia crítica de los estados iniciales y la formación de patrones complejos que, aunque puedan parecer aleatorios, emergen de manera organizada dentro de los sistemas (Santos, 2004).

Ejemplo del péndulo doble

El péndulo doble está compuesto por dos brazos articulados, donde el segundo cuelga del extremo del primero. Este dispositivo representa un ejemplo clásico de sistema caótico, ya que es extremadamente sensible a las condiciones iniciales. Variaciones mínimas en la posición o velocidad de partida pueden generar trayectorias completamente diferentes y difíciles de anticipar con el tiempo. Las ecuaciones que describen su movimiento son de carácter no lineal, lo cual refleja la complejidad propia de estos sistemas (Santos, 2004).

El efecto mariposa y sus implicaciones

El “efecto mariposa” es una metáfora que ilustra cómo pequeñas acciones pueden tener grandes repercusiones en sistemas complejos. Popularizado por el meteorólogo Edward Lorenz en la década de 1960, muestra que, en sistemas caóticos como el clima, mínimas variaciones en las condiciones iniciales pueden producir resultados drásticamente diferentes. Esto refuerza la idea de que es prácticamente imposible hacer predicciones precisas a largo plazo en estos contextos.

Autoorganización: definición y características

La autoorganización se presenta como un componente fundamental de los sistemas complejos. Se refiere a la capacidad que tienen estos sistemas para reorganizarse, ajustarse y adaptarse a los cambios del entorno, sin necesidad de un control centralizado. Es, en esencia, el mecanismo mediante el cual el sistema busca recuperar su equilibrio interno frente a perturbaciones externas, modificando su estructura o comportamiento.

Un aspecto clave de estos procesos es la existencia de niveles jerárquicos o escalas. Las interacciones entre los elementos de un determinado nivel pueden dar lugar a nuevas propiedades o estructuras en otro nivel superior, con comportamientos que no se explican únicamente por las partes individuales. Este fenómeno, conocido como emergencia, permite que surjan nuevas formas de organización o funcionalidad a partir de las dinámicas internas del sistema.

Por ejemplo, las moléculas frente a las macromoléculas, las macromoléculas frente a las células y las células frente a los tejidos. De este modo, el sistema autoorganizado se va construyendo como resultado de un orden incremental espacio-temporal que se crea en diferentes niveles, por estratos, uno por encima del otro.

Los sistemas autoorganizados se mantienen dentro del estrecho dominio que oscila entre el orden inmutable y el desorden total, entre la constancia rígida y la turbulencia anárquica. Una condición muy especial, con suficiente orden para poder desarrollar procesos y evitar la extinción, pero con una cierta dosis de desorden como para ser capaz de adaptarse a situaciones novedosas y evolucionar.

Como se observa en la tabla 1.1, la autoorganización es un fenómeno ampliamente presente tanto en sistemas naturales como sociales. En todos los casos, el orden no es impuesto desde una autoridad central, sino que emerge de las interacciones locales entre los elementos del sistema, dando lugar a patrones globales complejos y eficientes (Moriello, 2003).

Tabla 1.1. *Ejemplos de fenómenos de autoorganización en sistemas naturales y sociales*

<i>Ejemplo</i>	<i>Fenómeno de autoorganización</i>
Baile de los estorninos	Estos pájaros se guían por reglas básicas de distancia y orientación respecto a los que tienen cerca. Sin necesidad de un control central, logran crear patrones de vuelo complejos y espectaculares, que surgen de la interacción entre individuos.
Mercados de valores	El valor de las acciones cambia constantemente según las decisiones de miles de inversionistas que buscan obtener ganancias. Aunque no hay una dirección central, el mercado se organiza por sí mismo dando lugar a tendencias, ciclos y comportamientos colectivos.
Colonias de hormigas	Estos insectos emplean feromonas para marcar rutas hacia el alimento. A través de decisiones individuales y simples interacciones, la colonia consigue organizarse de manera eficiente, optimizando caminos y repartiendo el trabajo sin necesidad de un liderazgo central.

Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, los conceptos fundamentales de la complejidad, como el estudio de los sistemas complejos, plantean un desafío considerable para la integración de múltiples disciplinas. Entre ellas se incluyen la dinámica no lineal y la teoría del caos, la física estadística, los procesos estocásticos, la teoría de la información, la teoría de redes, así como las ciencias de la ingeniería, biológicas y computacionales (Fernández, 2016).

¿Por qué es importante estudiar la complejidad?

En años recientes ha crecido el interés por comprender la complejidad, especialmente porque los problemas del mundo actual ya no pueden resolverse mediante ideas simples o soluciones lineales. Temas como el cuidado del medio ambiente, la organización del territorio, la mejora de procesos en las instituciones o el estudio del cerebro humano, requieren nuevas formas de análisis que tomen en cuenta la diversidad de factores que influyen entre sí. Por ello, aprender sobre la complejidad ayuda a tener una visión más amplia, útil para interpretar mejor lo que ocurre en sistemas reales donde todo está conectado y cambia constantemente.

Comprensión de fenómenos del mundo real

Comprender la complejidad ofrece una vía para analizar fenómenos sociales, naturales y tecnológicos desde una perspectiva amplia, donde se reconocen sus múltiples niveles, relaciones e influencias mutuas. Tal como plantea Arvizu Arvizu (2020), los sistemas regionales presentan propiedades emergentes que no pueden explicarse únicamente al observar sus componentes por separado; es en la interacción entre ellos donde surgen comportamientos globales que transforman la dinámica del sistema.

Esta lógica también se refleja en otros contextos, como en el funcionamiento de las organizaciones, las redes neuronales o los ecosistemas. En todos estos casos, lo que ocurre a nivel colectivo no se deriva directamente

de las partes individuales, sino de la red de conexiones que las vincula y les da sentido.

En ese mismo sentido, Borja Saavedra, Contreras Vásquez y Bonilla García (2025) destacan que las redes digitales constituyen una manifestación contemporánea de sistemas complejos. Estas redes generan patrones dinámicos de interacción que desbordan las estructuras jerárquicas tradicionales y ponen en evidencia nuevas formas de organización, circulación de información y toma de decisiones.

Limitaciones del pensamiento lineal

En escenarios donde predominan la incertidumbre y la variabilidad, especialmente en contextos sociales o educativos, las explicaciones basadas en esquemas lineales, aquellos que suponen una relación directa y predecible entre causa y efecto, resultan claramente insuficientes. Este tipo de pensamiento, aunque útil en ciertos casos, no logra dar cuenta de situaciones en las que pequeños cambios generan consecuencias inesperadas, donde la retroalimentación modifica el curso de los acontecimientos o donde las soluciones deben ser constantemente reformuladas a medida que el entorno evoluciona.

En el ámbito educativo, el pensamiento complejo ha ganado espacio como una forma de interpretar los procesos de enseñanza y aprendizaje desde una perspectiva más amplia. Martínez Romero (2021) propone que esta mirada permita dejar atrás modelos que entienden el aprendizaje como una secuencia fija y generalizable, para reconocerlo como un proceso relacional, influido por el entorno, las tecnologías, los conocimientos previos y las personas que participan en él. Lejos de seguir un camino único, aprender implica recorrer rutas diversas, llenas de matices y adaptaciones, lo que ha llevado a revisar críticamente las prácticas pedagógicas que por mucho tiempo se mantuvieron sin cuestionamientos.

La tabla 1.2 compara estas dos formas de entender los procesos: por un lado, el enfoque lineal; por otro, el enfoque complejo. En ella se destacan las implicaciones que cada perspectiva tiene tanto para analizar la realidad

como para tomar decisiones en contextos que exigen flexibilidad y una mirada más integral.

Tabla 1.2. *Comparación entre pensamiento lineal y pensamiento complejo*

<i>Aspecto</i>	<i>Pensamiento lineal</i>	<i>Pensamiento complejo</i>
Relación causa-efecto	Directa, única y predecible	Múltiple, retroalimentada, no lineal
Dinámica del sistema	Estática o estable	Dinámica, cambiante, con propiedades emergentes
Variables	Aisladas, independientes	Interconectadas e interdependientes
Soluciones	Únicas y definitivas	Múltiples, adaptativas y contextuales
Ejemplos	Resolución de ecuaciones, cadenas de producción	Ecosistemas, conflictos sociales, aprendizaje humano
Enfoque	Reduccionista	Sistémico e integrador

Fuente: elaboración propia.

Nuevas formas de pensar e investigar

La complejidad no puede reducirse a una colección de conceptos teóricos ni a un conjunto de métodos aplicables. Más allá de su dimensión técnica, representa un cambio profundo en la manera de comprender el conocimiento y de relacionarnos con el mundo. Asumir una perspectiva basada en la complejidad implica reconocer que los sistemas no siguen caminos fijos ni responden a patrones estables. Su comportamiento está marcado por la incertidumbre, por la aparición de eventos inesperados y por una constante transformación motivada por las relaciones que los atraviesan y se modifican con el tiempo. En contextos donde todo cambia con rapidez y los fenómenos no responden a patrones fijos, lo aprendido no pueden concebirse como bloques estables ni aplicables en cualquier situación. Por el contrario, se construyen desde realidades concretas, en interacción con los entornos y con las condiciones específicas que los atraviesan. Esta construcción es dinámica, en constante transformación, y responde a la necesidad de interpretar y actuar sobre lo que sucede en el mundo real.

Desde este enfoque, Núñez y Solano (2024) mencionan que para comprender los sistemas sociales es necesario incorporar los principios de to-

talidad y sinergia. Analizar cada parte por separado no basta, lo esencial está en cómo esas partes se relacionan, se influyen mutuamente y dan lugar a nuevos significados y formas de funcionamiento. Muchas veces, esas conexiones solo se hacen visibles cuando se deja de fragmentar la realidad y se reconoce que lo que ocurre en un punto puede modificar lo que sucede en otro. Pensar así no solo amplía la comprensión, también invita a transformar la manera en que se investiga, colocando en el centro las relaciones, los vínculos y el carácter cambiante de los procesos sociales.

En el campo organizacional, esta forma de entender la complejidad adquiere un sentido práctico. Hernández Cansino, Urbiola Solís y Carreón Vázquez (2022) proponen considerar a las organizaciones como sistemas complejos adaptativos. Bajo esta visión, cobran importancia aspectos como la autoorganización, la retroalimentación continua y el aprendizaje colectivo. Estos no son rasgos complementarios, sino condiciones necesarias para afrontar contextos donde las reglas, los retos y las respuestas posibles están en permanente transformación. Cuando lo estable deja de ser suficiente, la clave está en la capacidad de las organizaciones para reformular sus caminos, ajustarse a lo que ocurre y generar respuestas que conecten con su entorno de forma oportuna y creativa.

Aplicaciones prácticas de los sistemas complejos

Aunque los sistemas complejos cuentan con un respaldo teórico bien establecido, su verdadero valor se evidencia cuando se aplican al análisis de fenómenos concretos. Más que una categoría conceptual, representan una forma de pensamiento que ha resultado esencial en distintas disciplinas, al ofrecer herramientas que permiten comprender procesos que no pueden explicarse desde una lógica simplificada.

Una de sus principales aportaciones es la posibilidad de articular distintos niveles de análisis, reconociendo que los hechos no ocurren de manera aislada ni siguen un orden previsible. En campos como la biología, la educación, la economía, la tecnología o las ciencias sociales, los fenómenos emergen de relaciones múltiples, influencias cruzadas y entornos en cons-

tante transformación. En este escenario, pensar desde la complejidad permite captar matices que de otro modo quedarían fuera del análisis.

Adoptar esta perspectiva no implica únicamente describir lo que sucede, sino intervenir con mayor sensibilidad a las dinámicas propias de cada contexto. Supone reconocer que todo fenómeno está conformado por variables en interacción, que las relaciones entre ellas no son lineales, y que las condiciones que las rodean pueden cambiar con rapidez. Desde este enfoque, el pensamiento complejo no busca imponer respuestas fijas, sino ampliar las posibilidades de comprensión y de acción, atendiendo a la diversidad, la ambigüedad y la transformación que caracterizan a la realidad social y natural.

Ciencias naturales (biología, ecología, física)

En el ámbito de las ciencias naturales, el enfoque de los sistemas complejos ha abierto nuevas posibilidades para comprender fenómenos que, por su carácter dinámico y entrelazado, no pueden abordarse con enfoques lineales ni mediante explicaciones simplificadas. En biología, por ejemplo, estudios como los de Márquez-Díaz (2021) y Domínguez (2025) muestran que el cerebro humano no opera como una estructura rígida, sino como un sistema que se reorganiza a partir de su interacción con el entorno. Las conexiones sinápticas se modifican de forma continua, permitiendo procesos esenciales como el aprendizaje o la adaptación. Esta flexibilidad no es resultado de una suma mecánica de partes, sino de una red viva de relaciones que funcionan al mismo tiempo y en distintos niveles.

Una lógica similar se observa en el estudio de los ecosistemas. Según Borja Saavedra et al. (2025), la vida no se sostiene desde la autonomía de los organismos, sino desde las relaciones que establecen entre sí y con el medio. Estas interacciones generan ciclos de retroalimentación que mantienen el equilibrio ecológico y, al mismo tiempo, permiten la transformación del sistema ante los cambios. Lo relevante no es solo la presencia de vínculos, sino su capacidad para dar origen a patrones nuevos que fortalecen la resiliencia del conjunto.

En la física, este tipo de pensamiento ha dado lugar a aplicaciones renovadas de teorías como la del caos, especialmente en el análisis de fenómenos donde los efectos no son proporcionales a las causas. Desde la turbulencia de los fluidos hasta la dinámica atmosférica, se ha comprobado que pequeñas alteraciones iniciales pueden generar cambios de gran magnitud con el paso del tiempo. La Real Academia de Ciencias (RAC, 2024) ha documentado recientemente casos en los que la no linealidad es clave para comprender procesos como la combustión o la estabilidad de los sistemas hidrodinámicos. En esta misma línea, el trabajo de Rojas Yanguas (2023) demuestra que, incluso en series de datos que antes se consideraban aleatorias, es posible identificar estructuras complejas al aplicar modelos basados en el caos.

Ciencias sociales y educación

El enfoque de la complejidad ha abierto nuevas formas de acercarse a fenómenos que, por años, fueron analizados con herramientas conceptuales poco flexibles. En las ciencias sociales, por ejemplo, ha permitido revisar cómo se interpretan procesos como los conflictos sociales. Becerra (2020) advierte que no se trata de situaciones con una única causa ni con un desarrollo previsible. Más bien son expresiones de relaciones cambiantes, marcadas por la presencia de múltiples actores, por contextos históricos específicos y por condiciones que rara vez se mantienen estables por mucho tiempo.

Al tratar de comprender estos procesos, es necesario abandonar la idea de que pueden resolverse con fórmulas cerradas. La propuesta no gira en torno a encontrar una respuesta definitiva, sino a mantener la atención en los factores que los sostienen, en las tensiones que los atraviesan y en las transformaciones que pueden aparecer incluso en escenarios donde, aparentemente, nada cambia. Esta forma de análisis no busca controlar la complejidad, sino acompañarla, reconociendo que los fenómenos se mueven con el tiempo y se configuran desde múltiples relaciones.

Este mismo enfoque ha resultado especialmente útil en el campo educativo. Según Martínez Romero (2021), el aprendizaje y la enseñanza pueden entenderse como procesos abiertos, donde intervienen muchos elementos:

desde las personas y los saberes que circulan, hasta los recursos tecnológicos, los espacios, los tiempos e incluso las emociones que se hacen presentes. Lejos de ajustarse a una estructura rígida, aprender se convierte en una experiencia que se construye en situaciones concretas, con recorridos diversos y resultados que no siempre se anticipan. Esta forma de comprender el aprendizaje no reduce su valor, sino que lo enriquece al poner en evidencia su carácter profundamente humano.

Algo similar ocurre cuando se traslada esta perspectiva al estudio de las organizaciones. Hernández Cansino, Urbiola Solís y Carreón Vázquez (2022) sostienen que las instituciones no funcionan como sistemas cerrados, sino como organismos vivos capaces de adaptarse a las circunstancias. En estos espacios, la posibilidad de reorganizarse, de aprender colectivamente y de responder a escenarios cambiantes no es un lujo, sino una necesidad. La autoorganización, el intercambio continuo de información y el aprendizaje compartido son pilares para su permanencia, sobre todo en contextos donde la incertidumbre se vuelve parte del entorno habitual.

Tecnología, redes e inteligencia artificial

En años recientes, distintas tecnologías emergentes han comenzado a incorporar principios derivados del enfoque de la complejidad, no solo como referentes teóricos, sino como marcos funcionales para mejorar su capacidad adaptativa. En el caso de la inteligencia artificial, se observa que las redes neuronales artificiales se han desarrollado tomando como modelo el comportamiento de las redes neuronales biológicas. Tal como lo señala Domínguez (2025), estos sistemas replican mecanismos de aprendizaje profundo y ajuste dinámico que les permiten responder de forma más eficiente en entornos caracterizados por la incertidumbre y el cambio constante.

De manera análoga, el funcionamiento de las redes digitales que dan soporte a internet y a las plataformas sociales presenta características propias de los sistemas complejos. La circulación de información, las interacciones entre usuarios y la propagación de contenidos no siguen rutas lineales ni predecibles, sino que emergen de múltiples conexiones simultáneas y descentralizadas que producen dinámicas difíciles de anticipar, pero altamen-

te interdependientes. En estos espacios, la información circula de forma descentralizada, las interacciones entre usuarios generan dinámicas emergentes, y los patrones de comportamiento que se forman son difíciles de anticipar, pero profundamente interdependientes, como lo analizan Borja Saavedra y colaboradores (2025).

Por otro lado, tecnologías como blockchain ejemplifican cómo los principios de la complejidad se traducen en sistemas funcionales. Estudios como los de Albiol Perarnau et al. (2024) y Esteban (2023) muestran que estos sistemas distribuidos no dependen de una entidad central para operar con seguridad; por el contrario, su fiabilidad surge de los procesos de consenso generados entre múltiples nodos autónomos que interactúan en tiempo real, consolidando una estructura que se autorregula y se adapta constantemente, en línea con los fundamentos del pensamiento complejo.

Reflexiones finales y conexión con la transdisciplina

El estudio de la complejidad no solo implica conocer nuevas teorías o modelos, sino también adoptar una forma distinta de observar el mundo. Al cierre de este capítulo, es necesario reflexionar sobre cómo el pensamiento complejo transforma nuestra manera de comprender, investigar y actuar frente a los desafíos actuales, invitándonos a cruzar fronteras entre disciplinas, integrar saberes diversos y asumir una visión más holística de la realidad.

Pensamiento complejo y comprensión integral

El pensamiento complejo, formulado por Edgar Morin y ampliado por otras contribuciones actuales, propone una forma distinta de aproximarse al conocimiento. A diferencia de los enfoques que tienden a descomponer los fenómenos en elementos aislados, este marco plantea la necesidad de entender cómo se relacionan esos elementos entre sí, cómo se influyen mutuamente y qué dinámicas surgen a partir de esas interacciones. El análisis detallado sigue siendo importante, pero cobra mayor sentido cuando se

integra en una comprensión más amplia que dé cuenta de los vínculos y procesos que configuran la realidad.

Desde esta perspectiva, Martínez Romero (2021) subraya que comprender de manera integral supone reconocer que los fenómenos no se presentan como compartimentos separados, sino como estructuras dinámicas formadas por la interacción constante entre lo biológico, lo social, lo cultural y lo tecnológico. Esta forma de abordar la complejidad no busca simplificar lo que es diverso, sino ofrecer herramientas para captar cómo se entretajan distintos niveles en procesos abiertos, en constante transformación. Cada fenómeno cobra sentido en función de estas conexiones, de las tensiones que surgen entre ellas y de los cambios que se producen cuando esas relaciones se reconfiguran. La complejidad no descarta lo simple, pero lo reconoce como parte de una red más grande y cambiante, en la que los procesos están siempre en movimiento y abiertos a transformaciones.

Construcción de puentes entre disciplinas

Uno de los aportes más importantes del pensamiento complejo es su capacidad para conectar distintas áreas del conocimiento. En un contexto como el actual, donde los problemas sociales, ambientales y tecnológicos son cada vez más amplios y entrelazados, es evidente que una sola disciplina no basta para entenderlos ni resolverlos.

Tanto Martínez Romero (2021) como Becerra (2020) coinciden en que la transdisciplina —es decir, la unión de saberes de diferentes orígenes— ayuda a construir soluciones más pertinentes. Esto incluye no solo lo científico o técnico, sino también lo ético, lo social y lo cultural. Bajo esta lógica, el estudio de sistemas complejos se convierte en un espacio común donde personas de distintas áreas pueden compartir experiencias, aprender unas de otras y buscar respuestas en conjunto, más adecuadas a la realidad.

La complejidad frente a los desafíos contemporáneos

Pensar desde la complejidad es especialmente útil en un mundo como el actual, marcado por cambios constantes, avances tecnológicos rápidos e interdependencia global. Fenómenos como las pandemias, las crisis ambientales o los conflictos sociales han dejado claro que no siempre se pueden prever las consecuencias ni aplicar soluciones simples a problemas que tienen muchas causas y efectos relacionados entre sí.

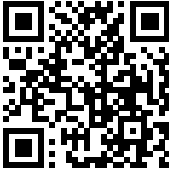
Borja Saavedra y su equipo (2025) destacan que pensar en términos de sistemas complejos permite identificar efectos inesperados, encontrar puntos clave para intervenir y fomentar formas de resistencia y adaptación colectiva. Por su parte, Cacace (2023) muestra cómo estas ideas pueden aplicarse en la gestión pública, sobre todo en momentos de crisis, proponiendo políticas más flexibles, colaborativas y pensadas a largo plazo. Lejos de buscar certezas absolutas, este enfoque invita a mantener una actitud abierta, aprender de cada situación y adaptarse con responsabilidad a lo que el entorno vaya planteando.

Referencias

- Albiol Perarnau, M. et al. (2024). *Blockchain en salud: transformando la seguridad y confiabilidad de los datos*. PubMed Central. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10803907/>
- Arvizu Arvizu, M. S. (2020). Emergencia y complejidad en los sistemas regionales: una perspectiva desde la gobernanza territorial. *Región y Sociedad*, 32(78), 1–35. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73722020000100108&script=sci_arttext
- Becerra, G. (2020). La teoría de los sistemas complejos: una aproximación epistemológica al estudio del conflicto social. *Configuraciones*, 9(17), 29–52. <https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-14352020000100107>
- Borja Saavedra, M. C., Contreras Vásquez, L., y Bonilla García, N. (2025). Sistemas complejos en la era digital: una revisión sistemática de las dinámicas de interconexión y emergencia en redes complejas. *Journal Scientific MQRInvestigar*, 10(2), 1–15. <https://www.researchgate.net/publication/391145950>
- Cacace, M. (2023). Teoría de la complejidad y los sistemas de salud: una lectura necesaria para la gestión pública sanitaria en crisis. *Revista de Administración y Gestión*

- en Salud Familiar y Comunitaria*, 3(2). <https://revista.famfyg.com.ar/index.php/AMFG/article/view/229>
- Domínguez, M. O. (2025). Redes neuronales artificiales: fundamentos y aplicaciones. *Revista Digital de Tecnología y Sociedad*, 13(2), 45–60. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/sahagun>
- Esteban, C. R. (2023). *Integración de blockchain en sistemas robóticos* [Tesis de maestría, Universidad de Alicante]. <https://rua.ua.es/entities/publication/2a427006-5443-450d-9145-d9ca-8e8a4f99>
- Fernández Miguel, A. (2016). Dinámica no lineal, teoría del caos y sistemas complejos: una perspectiva histórica. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Serie A. Matemáticas*, 109(1–2), 107–126. <https://rac.es/ficheros/doc/01213.pdf>
- Hernández Cansino, C., Urbiola Solís, A. E., y Carreón Vázquez, G. (2022). Contribuciones desde el enfoque de los sistemas complejos adaptativos al estudio de las organizaciones. *Administración y Organizaciones*, 25(49). <https://rayo.xoc.uam.mx/index.php/Rayo/article/view/501>
- LEGSA. (2016). Complejidad y sistemas complejos: Un acercamiento multidimensional. <https://legsa.com.mx/pyru/complejidad>
- Márquez-Díaz, J. E. (2021). Neurotopología bajo el enfoque de las redes neuronales biológicas y artificiales. *Tecnura*, 25(68), 128–145. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/view/19455/18268>
- Martínez Romero, E. (2021). Teoría de sistemas complejos: marco epistémico para la investigación en educación. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 26(89), 437–460. <https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-66662021000200437>
- Moriello, S. A. (2003). Sistemas complejos, caos y vida artificial. *Red Científica*. <http://www.redcientifica.com/autores/smo>
- Núñez, J., y Solano, A. (2024). Principios de totalidad y sinergia en los sistemas sociales. *ULEAM Bahía Magazine*, 12(1), 81–90. https://revistas.uleam.edu.ec/index.php/uleam_bahia_magazine/article/download/556/2731
- Percio, D. (2016). Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación de la investigación interdisciplinaria. *Journal de Ciencias Sociales*.
- Real Academia de Ciencias. (2024). *La dinámica no lineal y el caos determinista*. RAC. <https://rac.es/ficheros/doc/c30b5a5ee5a9cb1e.pdf>
- Reyna, J. (2025). Sistemas complejos. Instituto de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias, Investigación e Ingeniería.
- Rojas Yanguas, C. (2023). *Series temporales y caos: aplicaciones modernas en el análisis de sistemas complejos* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Madrid].
- Santon. (2004). Física del caos. Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). https://www.aemet.es/documentos/es/conocerlas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/Fisica_del_caos.pdf

2. Métodos y herramientas para estudiar la complejidad



DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.395.02>

MARGARITA RAMÍREZ RAMÍREZ*

MARICELA SEVILLA CARO**

MARÍA DEL CONSUELO SALGADO SOTO***

Resumen

En este capítulo se presenta el estudio de modelos y una simulación para comprender a la complejidad, donde primero se aborda a la complejidad desde el punto de vista de sistemas en un ámbito organizacional, social, tecnológico y natural, con el fin analizar y comprender a los fenómenos desde las nuevas propiedades que se derivan de las relaciones e interacciones de sus componentes. Existen herramientas que permiten realizar el análisis desde enfoques cuantitativos y cualitativos que permiten realizar modelados y simulación de escenarios para identificar relaciones y flujos de información que facilitan la toma de decisiones estratégicas. También se destaca la Teoría de Redes y Análisis de Sistemas, que permite estudiar y representar las interacciones de los sistemas complejos, siendo una base para comprender el comportamiento, al disminuir los detalles innecesarios y centrarse en las partes, interacciones y la estructura de las redes que permiten identificar patrones y fundamentar la comprensión de fenómenos. Por último, se presenta a la cibernética como un campo interdisciplinario que proporciona herramientas prácticas para abordar a la complejidad, al facilitar el estudio de los fenómenos emergentes y dinámicos que llevan a la comprensión de los mecanismos

* Doctora en Educación. Profesora-investigadora en la Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4252-4289> ; Scopus ID: 55933725500

** Doctora en Educación. Profesora-investigadora en la Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9492-9811>

*** Doctora en Educación. Profesora de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2939-9388>

que permiten a los sistemas autorregularse y que aprendan de su entorno. También se habla de los sistemas dinámicos para explicar cómo los procesos cambian y evolucionan, como la realidad es compleja, que no es estática y que las interacciones generan nuevos resultados.

Palabras clave: *simulación, teoría de redes y cibernética.*

Modelos y simulaciones

En este apartado iniciamos con el análisis de un tema relevante en la solución de situaciones o problemas complejos, la identificación de modelo y herramientas que apoyan en los estudios de complejidad. En primer lugar, se presenta una introducción a los diferentes modelos y herramientas de apoyo a la complejidad, posteriormente analizamos las herramientas más características.

Es posible describir a la complejidad como el estudio de sistemas formados por múltiples elementos, los cuales pueden encontrarse interconectados y cuyas interacciones generan comportamientos emergentes; la complejidad constituye un campo de investigación clave para comprender situaciones organizacionales, fenómenos en ámbitos sociales, tecnológicos y el entorno natural. La perspectiva de complejidad cambia las perspectivas y los supuestos reduccionistas considerando que el todo no puede explicarse únicamente por la suma de sus partes, sino que surgen propiedades y condiciones nuevas de la interacción que se da entre componentes (Morin, 2005).

En un ámbito organizacional, un modelo complejo permite identificar y analizar estructuras y procesos que comúnmente se adaptan de manera dinámica a entornos cambiantes. Los sistemas adaptativos complejos —concepto desarrollado por Holland (1995)— se reconocen por su capacidad de aprendizaje, existe una retroalimentación y autoorganización de los componentes, estos elementos permiten identificarlos con las características de la resiliencia y la innovación en las empresas y organizaciones en general. Un modelo se basa en principios básicos como son la no linealidad, condición de emergencia, la coevolución de las partes, el dinamismo, entre otros; todos estos principios fundamentales de un sistema en el que se puede ex-

plicar cómo se generan los patrones globales a partir de las distintas interacciones y condiciones locales en el sistema.

Existen diferentes herramientas que permiten realizar el análisis y el estudio de los diferentes temas complejos, entre estas herramientas de complejidad, se encuentran herramientas que manejan enfoques cualitativos y cuantitativos, las cuales permiten identificar relaciones, simular diferentes escenarios y evaluar la fortaleza de los sistemas. Entre estas herramientas destacan las redes complejas, las cuales son útiles para realizar la visualización de diferentes vínculos entre los agentes y los flujos de información (Barabási, 2016), otro modelo importante es la modelación basada en agentes, la cual permite experimentar con reglas simples y observar cual es el efecto en la dinámica global del sistema complejo. Todas estas metodologías son un apoyo y facilitan la toma de decisiones estratégicas en diferentes contextos, caracterizados la mayoría de ellos por la incertidumbre y la alta interdependencia entre los elementos, es posible visualizar los patrones ocultos y los puntos de base de cada sistema.

La utilización de modelos y herramientas en sistemas complejos requiere ser visualizada desde una visión interdisciplinaria, donde la visualización de los componentes y sus interacciones —como son la teoría de sistemas, las matemáticas, la sociología y la informática y computación— confluyen y permiten atender problemáticas reales. Esta perspectiva apoya a las organizaciones, los gobiernos y las universidades a identificar oportunidades de aprendizaje adaptativo, pues es posible gestionar a la complejidad inherente a los procesos y da fuerza a la capacidad de respuesta frente a entornos turbulentos (Snowden y Boone, 2007). El estudio de la complejidad ofrece la posibilidad de enlazar el conocimiento teórico con la parte práctica, la complejidad permite construir soluciones sostenibles y flexibles en un mundo cada vez más interconectado.

Las técnicas y enfoques de simulación más utilizados para estudiar las propiedades de los sistemas complejos —como pueden ser las propiedades emergentes— son la simulación de eventos discretos, la dinámica de sistemas y los modelos basados en agentes. Cada una de las técnicas o métodos tienen características y son identificadas por las propiedades emergentes de los sistemas complejos. Para analizar estas técnicas y enfoques, iniciamos con el concepto de simulación, el cual es posible identificarlo como una técnica

utilizada para modelar el comportamiento de un sistema mediante la creación de una representación, ya sea computacional o matemática, que represente su dinámica; también es posible definir a la simulación como una técnica que reproduce el comportamiento de un sistema real o hipotético mediante un modelo que permite experimentar y analizar los componentes y las dinámicas sin intervenir directamente en el entorno original. Banks et al. (2010) explican que la simulación de un sistema consiste en “el proceso de diseñar el modelo de un sistema y llevar a cabo experimentos con dicho modelo con el propósito de comprender su funcionamiento o evaluar diversas estrategias” (p. 3).

En el campo organizacional y social, la simulación permite apoyar en la representación de fenómenos complejos, poder hacer procesos de evaluación de decisiones y anticipar posibles resultados bajo condiciones controladas. Law (2015) menciona que el valor de un sistema complejo radica en la capacidad de “examinar sistemas que serían costosos, peligrosos o impracticables de experimentar en la realidad”, lo cual los convierte en herramientas flexibles que apoyan el aprendizaje y la planificación.

La simulación puede considerarse como el apoyo en el estudio de sistemas adaptativos complejos, que permite observar cómo las interacciones locales entre los agentes generan patrones emergentes a nivel global (Gilbert y Troitzsch, 2005). Las aproximaciones generadas a través de la simulación ofrecen la exploración de escenarios que son alternativos, la posibilidad de implementar políticas y poder comprender la relación existente entre estructuras y dinámicas en situaciones de incertidumbre.

La simulación puede ser considerada como una herramienta metodológica poderosa, que facilita la comprensión y propicia la mejora de procesos en campos tan diversos como la ingeniería, la economía, la educación y la gestión organizacional, y contribuye en la toma de decisiones fundamentadas.

En el área de las ciencias de la complejidad, la simulación es una herramienta clave y relevante para el estudio de sistemas, en los que las interacciones de múltiples componentes propician fenómenos emergentes difíciles de predecir analíticamente.

Para desarrollar un modelo de simulación es necesario llevar a cabo la descomposición de cada uno de los elementos; en una simulación, se diseña y desarrolla un modelo computarizado de un sistema, utilizando un

software, a través de las aplicaciones es posible simular situaciones semejantes a las que suceden en la realidad y realizar experimentos, con el propósito de entender el comportamiento del sistema.

La simulación de eventos discretos son aquellas simulaciones en las que se simulan eventos de secuencia finita o infinita, que ocurren de manera asíncrona. Entre los simuladores de eventos discretos se encuentran: Arena, Simul 8, GPSS, MODSIM, ProModel QuEST.

Las simulaciones secuenciales son deterministas, obedecen fácilmente la restricción de causalidad local y son fáciles de implementar. Sin embargo, presentan la desventaja de que las simulaciones de eventos discretos de gran tamaño consumen un tiempo de procesamiento considerable. Ejemplo: inventarios, línea de producción industrial, sistema de control de tránsito aéreo.

En el caso de simulación de sistemas dinámicos, podemos identificar que los sistemas dinámicos son modelos matemáticos de sistemas, y que estos que varían a lo largo del tiempo, se basan en ecuaciones diferenciales para modelar la evolución continua de un sistema. Entre los simuladores de sistemas dinámicos es posible identificar: Simulink. Simulación basada en tiempos, diagrama de bloques, multi-dominio.

Como simulaciones de ingeniería, se puede identificar: modelos epidemiológicos, dinámica de fluidos, ecosistemas.

STELLA. Es un entorno de modelado y simulación orientado a dinámica de sistemas. Permite representar procesos continuos mediante existencias (stocks), flujos (flows), parámetros/convertidores y conectores. Permite la visualización de la estructura y es posible modelar fenómenos económicos, educativos y organizacionales.

SimEvents. Es un simulador basado en eventos discretos, que provee un motor de simulación y una biblioteca de componentes, para modelar procesos impulsados por eventos, evaluar latencia, rendimiento y pérdidas, y experimenta con reglas de enrutamiento, prioridades y demoras en sistemas de comunicación, operaciones y logística. El modelado se realiza mediante entidades que circulan por redes de colas y servidores, permitiendo analizar asignación de recursos, congestión y políticas de servicio; al estar acoplado con Simulink, facilita combinar dinámicas tiempo-continuas con lógicas evento-discretas en un mismo esquema.

Simscape. Simulación de sistemas físicos (eléctricos, mecánicos, hidráulicos, etc.), es un entorno de modelado físico multidominio, integrado a Simulink que permite construir modelos de sistemas reales (mecánicos, eléctricos, hidráulicos, térmicos, entre otros) ensamblando componentes físicos conectados por redes con magnitudes conservadas; el software traduce esa red a ecuaciones y las resuelve de forma simultánea, lo que facilita analizar el comportamiento y probar estrategias de control.

Simulación basada en agentes

La simulación basada en agentes permite modelar sistemas donde los individuos (agentes), siguen reglas locales e interactúan con su entorno, esta simulación es útil en economía, biología, sociología y ecología (por ejemplo, modelos de tráfico, mercados financieros, colonias de hormigas, comportamiento de consumidores). Por otra parte, la modelación basada en agentes es el desarrollo de un modelo de simulación, es la representación simplificada de una realidad. Se inicia especificando los requerimientos y capacidades de las entidades individuales, bajo el supuesto de que el entorno global del sistema emerge debido a las interacciones entre estas entidades o elementos y entre éstos y el entorno.

La estructura de un modelo basado en agentes está conformada por un conjunto de agentes, el modelado de agentes con atributos y comportamientos, el conjunto de relaciones, que es la conexión entre los agentes, y el entorno, el cual es el espacio en el que viven los agentes e interactúan entre sí.

Es importante identificar cuáles son las características de los agentes; estos son autónomos, es decir, son reactivos y proactivos, independientes, esto es, que cada agente tiene atributos que lo distinguen de los demás, otra característica es el estado, las variables de estado son las que guían el comportamiento del agente, la habilidad social es una característica en la que es posible interactuar con otros agentes y esta interacción tiene una topología, quien envía información a quién, se identifican también los mecanismos de interacción, como son los protocolos, el lenguaje utilizado en la interacción entre diferentes agentes, se integran también características como: capacidad adaptativa, heterogeneidad, dirección en base a objetivos y movilidad.

Herramientas para la creación de sistemas basados en agentes

Existen diversas herramientas que permiten la creación de sistemas basados en agentes, como son AnyLogic, NetLogo y JADE.

AnyLogic

Herramienta que incluye los métodos de simulación más comunes: dinámica de sistemas, sistemas de eventos discretos, simulación basada en agentes. La simulación con agentes es muy flexible y se usa en cualquier nivel, los agentes pueden ser empresas, consumidores, movimientos.

JADE (Java Agent Development Framework)

Es un framework implementado en lenguaje Java, que permite trabajar la implementación de sistemas multi-agente, capaces de reaccionar y modificar comportamientos en función del razonamiento del sistema al que están conectados, ofrece herramientas gráficas.

NetLogo

Es un entorno de modelado programable basado en agentes, permite simular fenómenos naturales y sociales, es ideal para modelar sistemas complejos que evolucionan con el tiempo, los modeladores pueden dar instrucciones a cientos o miles de agentes, es posible la aplicación de código abierto. A continuación, se presenta un modelo de simulación social en un ambiente académico:

Figura 2.1. Modelo de simulación



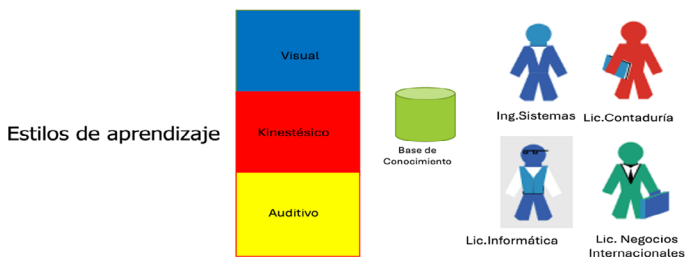
Fuente: elaboración propia.

En este simulador se integra la identificación de tipo de personalidad y, por otra parte, la identificación de estilo de aprendizaje.

El primer componente es la identificación de estudiantes por carrera y el reconocimiento de estilos de aprendizaje, la información recolectada de estos componentes, constituye la base de conocimiento, con base en las respuestas adquiridas se realiza la simulación y distribución de las personalidades de cada carrera analizada y los estilos de aprendizaje predominantes.

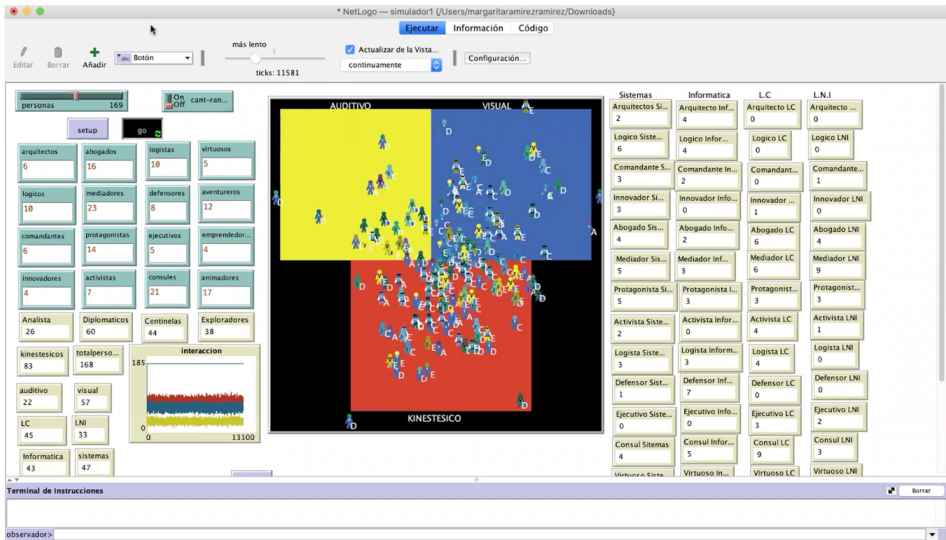
Figura 2.2. Identificación de agentes

Identificación de Agentes por carreras



Fuente: elaboración propia a partir de Netlogo.

Figura 2.3. Distribución de estudiantes por rasgos de personalidad y estilos de aprendizaje



Fuente: elaboración propia a partir de Netlogo.

Teoría de redes y análisis de sistemas

Obregón y Sevilla (2025) expresan que los sistemas complejos se caracterizan por estar formados por muchos componentes en interacción que dan lugar a la emergencia de fenómenos colectivos.

En las redes, estos componentes están considerados como los nodos que las conforman, así como las interacciones y enlaces que los conectan. Los sistemas complejos pueden observarse en sistemas reales físicos, sociales y biológicos, por ejemplo, el sistema digestivo, el comportamiento de un grupo social y los eventos atmosféricos, por lo tanto, las interacciones dependen de cada sistema complejo, no son específicos de un campo en particular.

La física estadística se ha involucrado en el estudio de sistemas que están conformados por múltiples componentes que se encuentran en una intercomunicación constante y el surgimiento repentino e inesperado de eventos que afecta directamente a los elementos involucrados.

Este enfoque presenta un paralelismo con el análisis de redes, lo que ha dado origen a la denominada física estadística de redes, disciplina en la cual

las propias redes se convierten en el objeto central de estudio (Obregón y Sevilla, 2025).

Desde inicios de 2020, diversos estudios han señalado que los enlaces en las redes tradicionales describen únicamente interacciones entre pares de elementos. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta que muchos de los sistemas reales requieren considerar interacciones de orden superior, es decir, aquellas que involucran simultáneamente a tres o más componentes. Por lo anterior, se han propuesto modelos basados en redes de orden superior, hipergrafos y complejos simpliciales, que constituyen un marco matemático natural para representar la organización de numerosos sistemas, tanto artificiales, biológicos y sociales.

Siguiendo con el tema de la teoría de redes complejas, ScienceDirect (s. f.) las define como un marco interdisciplinario, que se nutre de la física estadística, las matemáticas, la informática y las ciencias sociales, para examinar sistemas complejos compuestos por componentes únicos y relaciones importantes entre componentes. Esta teoría proporciona un enfoque basado en principios para modelar y analizar sistemas como las redes sociales y los sistemas biológicos, donde la estructura y las interacciones entre los componentes son esenciales para comprender el comportamiento del sistema. En una representación de red, se eliminan los detalles innecesarios para centrarse en las partes constituyentes y sus interacciones, y la estructura resultante se denomina topología de red. La mayoría de las redes del mundo real, incluidas las de los dominios computacional y biológico, presentan propiedades topológicas no triviales sustanciales, lo que significa que sus patrones de conexiones no son ni puramente regulares ni puramente aleatorios.

A través de redes complejas se describen sistemas biológicos, sociales o de comunicación, los nodos representan individuos u organizaciones, y los enlaces simbolizan las interacciones entre ellos (Red Científica, 2025).

Redes de mundo pequeño

La clase de redes que cumplen con las reglas del “mundo pequeño” tiene como característica principal que su topología se distingue en que siempre

existe un camino relativamente corto que conecta a cualquier par de nodos de la red.

Redes reales (como las redes de colaboración social, biológicas o tecnológicas) presentan esta propiedad: alta clustering coefficient (agrupamiento local) y corta longitud de camino promedio (pequeña distancia global).

De acuerdo con estudios realizados, se observa que estas redes siguen patrones de autoorganización propios de los sistemas complejos: los nuevos nodos tienden a establecer conexiones con aquellos que ya cuentan con numerosas relaciones. En otras palabras, los nodos no se conectan entre sí al azar, sino que se agrupan en torno a los hubs, los nodos más atractivos (Red Científica, 2025).

Redes sociales y grafos

Contrario a lo que se pudiera pensar, las redes sociales existen desde hace millones de años, de igual manera el interés por investigarlas tampoco es nuevo. En el campo de las ciencias sociales se han detectado estudios del siglo XIX donde ya se consideraban como objeto de estudio de las matemáticas y surge el interés por el estudio de las redes o grafos, cuyas propiedades han sido analizadas durante siglos en la búsqueda de principios y leyes generales que expliquen su comportamiento (Lara-Rosano, Gallardo y Almanza, 2021).

Un grafo se define como la representación abstracta de un sistema en el cual los elementos, denominados nodos, se relacionan entre sí mediante conexiones que indican la presencia de una interacción. Pero al igual que en la investigación en ciencias sociales, el estudio de los grafos ha seguido una trayectoria lineal y muy focalizada.

Lara-Rosano, Gallardo y Almanza (2021) refieren que los grafos que más recibieron atención hasta mediados del siglo XX fueron los aleatorios, es decir, aquellos cuyos nodos se conectan siguiendo algún procedimiento estocástico. Uno de los teóricos que se ocupó de ese tipo de redes fue Paul Erdős (1913-1996), quien aportó un modelo de construcción de sistemas simples mediante la vinculación de pares de nodos de manera aleatoria (mediante un sorteo, el lanzamiento de una moneda, entre otros mecanismos probabilísticos); aunque son consideradas “muy regulares”, contienen

propiedades que resultaron ser fundamentales para el posterior desarrollo de la teoría de las redes complejas, ya que permitieron identificar patrones de conectividad y sentar las bases para comprender fenómenos como el mundo pequeño y las redes libres de escala.

Cibernética y sistemas dinámicos

Cibernética

El ser humano, por su naturaleza y curiosidad, se ha interesado en entender cómo los sistemas logran adaptarse, mantenerse en equilibrio y comunicarse con su entorno, de esta inquietud, surge la cibernética como un instrumento o método para aprender y analizar a la complejidad, que es lo que en esta sección se revisará enfocándose en la teoría, los principios y el papel que desempeña en la comprensión de la complejidad.

Para iniciar, el término cibernética proviene del vocablo griego *kybernetes*, cuyo significado es el que gobierna o dirige (Lara-Rosano, 2002). La Real Academia Española (2024) define a la cibernética como una ciencia que analiza y reflexiona acerca de las similitudes y aproximaciones entre los sistemas de control y comunicación, en otras palabras, busca comprender como los organismos y las tecnologías procesan la información, regulan su funcionamiento y se adaptan a los cambios ambientales.

La cibernética se originó en el estudio de las leyes que describen a los fenómenos como la autorregulación, la autoorganización, la autonomía, la comunicación, la adaptación y la complejidad, aplicables a diversas áreas del conocimiento; se reconoce como una ciencia que trasciende las fronteras de las disciplinas tradicionales e individuales, y que fija las bases para la evolución y avance de tecnologías como las computadoras, internet y la inteligencia artificial, además de influir en otros campos del conocimiento (Metaphorum, 2024).

La cibernética se puede comprender como un sistema de control que se apoya en la retroalimentación como un mecanismo que permite regular la efectividad de una acción. La introducción de esta teoría influyó en Gregory Bateson, en particular debido a las implicaciones epistemológicas de la re-

troalimentación y los procesos recursivos en el análisis de la comunicación (Lara-Rosano et al., 2021).

El término de cibernética se ha definido de diferentes maneras, gracias a las contribuciones de múltiples pensadores que han marcado su desarrollo. Esta ciencia se orienta al diseño, al descubrimiento y a la aplicación de principios de regulación y comunicación, centrándose en sus comportamientos. Gracias a ello, se pueden analizar sistemas en diversas áreas como la biológica, social y tecnológica, convirtiendo a la cibernética en una disciplina que trasciende las fronteras del conocimiento (Sociedad Americana de Cibernética, s. f.).

También es importante mencionar que se basa en el enfoque de sistemas, al considerar que todo objeto de estudio funciona como un sistema en constante articulación o relación con su entorno, y comprender que un sistema es una estructura compuesta de elementos relacionados entre sí de una manera muy estrecha, cuyo comportamiento repercute en el todo y que depende de la acción de los demás componentes (Lara-Rosano, 2002).

En la relación de la cibernética con la complejidad, según Wiener (1948), la primera facilita el análisis de fenómenos emergentes y dinámicos, al ofrecer así un camino para comprender a la complejidad sin llevarla a la simplicidad o reduccionismos. En el mismo tenor, la cibernética contribuye a la comprensión de la complejidad al ofrecer un lenguaje que facilita la comunicación entre disciplinas y promueve la interdisciplinariedad (Tabilo, Ramírez-Correa y Diaillo, 2023). Basándose en los principios de la cibernética, según comenta Lara-Rosano (2002), estos permiten comprender los mecanismos donde los sistemas dinámicos logran autorregularse y conservar el equilibrio, como la retroalimentación, que constituye un eje central al referirse al proceso en el cual un sistema utiliza la información derivada de sus propios resultados para ajustar su comportamiento; otro principio importante para entender la complejidad es la adaptación y el aprendizaje, que hace notar que los sistemas cibernéticos se autorregulan y aprenden del entorno al incluir mecanismos de memoria, repetición y conexiones que mejoran el desempeño ante nuevas situaciones; otro principio es la tendencia a resistir el desorden, es decir, la entropía, de tal forma el sistema busca cómo seguir funcionando ante situaciones externas o cambios en el entorno.

Para concluir, se debe pensar que la cibernética se establece como un campo científico que integra muchas disciplinas y a la vez las trasciende, porque ofrece un marco que permite comprender los procesos de regulación, comunicación y adaptación presentes en los sistemas, también proporciona herramientas prácticas para abordar la complejidad y fomentar el diálogo interdisciplinario en la construcción de nuevo conocimiento.

Sistemas dinámicos

Para hablar de sistemas dinámicos, aunque sea de una manera breve, primero se debe abordar la teoría de sistemas dinámicos, que explica el comportamiento como un fenómeno emergente de sistemas multicomponentes y autoorganizados que van evolucionando con el tiempo (Perone y Simmering, 2017). Los sistemas dinámicos proporcionan una base para comprender procesos de cambio, inestabilidad y autoorganización, lo que resulta básico en el análisis de la complejidad social (Lara-Rosano et al., 2021). Comenta Arce (2005) que los sistemas dinámicos muestran que, en la realidad, las cosas son irreversibles, que están en constante cambio y evolución y, como resultado, esto los acerca a las ciencias humanas.

Los sistemas dinámicos se pueden observar en los fenómenos, ya sean naturales o sociales, pueden analizarse si son conceptualizados como un sistema, esto es como elementos que se encuentran en constante interacción y al mismo tiempo mantienen relaciones con otros sistemas que forman parte de ese mismo entorno, como lo comentan Acatlita y Urbina, (s. f.).

Estos sistemas se utilizan para explicar cómo los procesos cambian y evolucionan, a diferencia de los tradicionales que suelen ver los fenómenos como lineales o estáticos desde un punto de vista reduccionista, este enfoque reconoce que la realidad es compleja, que el presente depende del pasado y que las interacciones entre diferentes elementos generan resultados nuevos e inesperados.

Los sistemas dinámicos presentan una serie de propiedades que explican cómo funcionan y por qué resultan útiles para comprender la complejidad de los fenómenos (Agility at Scale, 2025). Estas propiedades muestran cómo

interactúan sus componentes, cómo responden al entorno, al tiempo, de qué manera generan comportamientos que no siempre son predecibles.

Entre sus principales características se encuentran:

- **Multidimensionales:** consideran muchas variables que interactúan al mismo tiempo.
- **Irreversibles:** esta propiedad describe que no pueden retroceder en el tiempo, que cada cambio deja huella y modifica el futuro.
- **Evolutivos:** los sistemas dinámicos están en constante cambio y transformación, nunca permanecen estáticos.
- **No lineales:** un cambio pequeño en el entorno del sistema puede producir un gran efecto.
- **Emergentes:** el dinamismo de estos sistemas permite que surjan resultados nuevos al combinar elementos.
- **Autoorganizados:** no requieren un control central, pueden modificar su estructura a partir de la interacción con el entorno y las partes del sistema.
- **Adaptativos:** los sistemas responden y se ajustan a nuevas condiciones cuando el entorno cambia.

Los sistemas dinámicos son una herramienta para comprender la complejidad, porque permiten analizar cómo los fenómenos cambian con el tiempo y cómo las interacciones entre múltiples elementos generan resultados inesperados. Este enfoque reconoce que la realidad no es estática ni lineal, un pequeño cambio puede producir un gran efecto, cada acción deja huella y los sistemas se transforman de manera constante, además, muestra que los sistemas pueden autoorganizarse y adaptarse sin un control central, lo que ayuda a explicar procesos naturales, sociales u organizacionales en toda su riqueza y diversidad (Lara-Rosano et al., 2021).

Para ejemplificar lo anterior, hay que visualizar un río en movimiento donde se sabe que su curso nunca permanece igual; el agua fluye, pero se puede desviar ante la presencia de obstáculos y así abrir nuevos caminos; la presencia de ramas, piedras, objetos o variación de la corriente puede alterar su trayectoria. Con este ejemplo, se puede ver de manera concreta que este fenómeno natural puede tener resultados no predecibles exactos, generar no-

vedades, evolución y adaptación constante de la realidad que es dinámica, cambiante e impredecible y, al igual que los sistemas dinámicos, ofrecen las herramientas para entender a la complejidad.

Referencias

- Acatlita, E. y Urbina, J. (s. f). *Introducción a los sistemas dinámicos continuos y discretos*. En Carreon, G., *Sistemas Complejos aplicados a la economía y fenómenos sociales*. Instituto de Investigaciones Económicas. Universidad Nacional Autónoma de México. Libro Digital. <https://complejidad.iiec.unam.mx/libro/index.php>
- American Society for Cybernetics (ASC). (s. f.). *Definición de cibernética*. <https://asc-cybernetics.org/definitions/>
- Arce, M. (2005). Los sistemas dinámicos como teoría cognitiva. *Summa Psicológica UST*, 2(2), 47–52 <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4808700.pdf>
- Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L., y Nicol, D. M. (2010). *Discrete-Event System Simulation* (5ª ed.). Prentice Hall.
- Barabási, A. L. (2016). *Network Science*. Cambridge University Press.
- Gilbert, N., y Troitzsch, K. (2005). *Simulation for the Social Scientist* (2ª ed.). Open University Press.
- Giraldo, D., y Giraldo, E. (2009). *Sistemas dinámicos*. Universidad Tecnológica de Pereira. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/a3032ad3-2d43-4352-8c96-c7ab9532476e/content>
- Holland, J. H. (1995). *Hidden order: How Adaptation Builds Complexity*. Addison-Wesley. <https://www.redalyc.org/pdf/860/86005007.pdf>
- Lara-Rosano, F. (2002). *Cibernética y sistemas cognitivos*. Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México. https://conceptos.sociales.unam.mx/conceptos_final/514trabajo.pdf
- Lara-Rosano, F., Gallardo Cano, A., y Almanza Márquez, S. (2021). Teorías, métodos y modelos para la complejidad social: Un enfoque de sistemas complejos adaptativos. *Comunicación Científica*; Universidad Nacional Autónoma de México. <https://doi.org/10.52501/cc.013>
<https://doi.org/10.52501/cc.013>
- Law, A. M. (2015). *Simulation modeling and analysis* (5ª ed.). McGraw-Hill.
- Metaphorum. (20 de octubre de 2020). Cybernetics: A Brief History. *Metaphorum*. <https://metaphorum.org/cybernetics>
- Morin, E. (2005). *Introducción al pensamiento complejo*. Gedisa.
- Obregón, B., y Sevilla, F. (2025). *Redes y sistemas complejos*. https://matematicas.posgrado.unam.mx/wp-content/uploads/2024/06/Obregon-Quintana-Bibiana_temario.pdf
- Perone, S., y Simmering, V. (2017). Applications of Dynamic Systems Theory to Cognition and Development. *Advances in Child Development and Behavior* <https://doi.org/10.1016/bs.acdb.2016.10.002>

- Real Academia Española. (2024). *Cibernético, cibernética*. *Diccionario de la Lengua Española* (23ª ed.). <https://dle.rae.es/cibern%C3%A9tico>
- Red Científica. (2025). *Sistemas complejos, sistemas dinámicos y redes complejas*. https://www.cs.us.es/~fsancho/Blog/posts/Sistemas_Complejos_Sistemas_Dinamicos_Red_Complejas.md
- ScienceDirect (s. f). *Complex Network Theory*. <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/complex-network-theory>
- Siles, I. (2007). Cibernética y sociedad de la información: el retorno de un sueño eterno. *Signo y Pensamiento*, 26(50), 84–99. Pontificia Universidad Javeriana.
- Snowden, D. J., y Boone, M. E. (2007). A Leader's Framework for Decision Making. *Harvard Business Review*, 85(11), 68–76.
- Tabilo, J., Ramírez-Correa, P., y Diallo, S. (2023). A Brief Review of Systems, Cybernetics, and Complexity. *Complexity*, 2023, 1-22. <https://doi.org/10.1155/2023/8205320>
- Wiener, N. (1948). *Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine*. MIT Press.

3. Aplicación de la complejidad en la inteligencia de negocios



DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.395.03>

JOSUE-MIGUEL FLORES-PARRA*

NORA DEL CARMEN OSUNA-MILLÁN**

RICARDO FERNANDO ROSALES-CISNEROS***

Resumen

Este capítulo explora cómo la teoría de la complejidad puede utilizarse como un marco de trabajo para la inteligencia de negocios (BI) en el ambiente organizacional. La complejidad, más que un reto, representa una característica representativa e innata de los datos, la información, los proyectos y los sistemas organizacionales. Se analiza la influencia de la complejidad en la multidimensionalidad, la heterogeneidad y las interacciones no lineales y dinámicas de los datos, así también cómo se maneja el uso de métodos analíticos avanzados como el Análisis de Componentes Principales (PCA) y el aprendizaje automático. Se realiza un comparativo entre la administración de proyectos tradicional y la ágil basado en las bondades u orientaciones de cada uno de los marcos de trabajo, donde se puede resaltar que la adaptabilidad, autoorganización y la automotivación, así como el conocimiento y aprendizaje emergente, representan un factor clave para el éxito de los proyectos en un entorno de alto grado de incertidumbre, caos o complejo. Además se presentan para cerrar el capítulo algunos casos de estudio de empresas internacionales representativas y casos de éxito que demuestran

* Maestro en Ciencias. Profesor-investigador en la Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1424-4498> ; Scopus ID: 56031455600

** Doctora en Educación. Subdirectora de la FCA en la Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5719-7682> ; Scopus ID: 56938932300

*** Doctor en Ciencias. Profesor-investigador en la Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0266-2951> ; Scopus ID: 56938932300

que el uso y aplicación de la complejidad, inteligencia de negocios, así como el marco de trabajo de administración de proyectos ágiles y tradicionales les ha generado una ventaja competitiva, orientando así a la inteligencia de negocios a seguir una visión sistémica que proyecta un futuro próximo, basado en hechos históricos.

Palabras clave: *inteligencia de negocios, teoría de la complejidad, análisis de datos, administración de proyectos.*

Introducción: el paradigma de la complejidad en la inteligencia de negocios

Actualmente las organizaciones operan en entornos VUCA (Bennet y Lemoine, 2014), es decir, en entornos caracterizados por la volatilidad, la incertidumbre, la complejidad y la ambigüedad. Gracias a esto, la inteligencia de negocios (BI) ha logrado pasar de un conjunto de herramientas a convertirse en una disciplina que ayuda a transformar grandes volúmenes de datos en información que ayude a la toma de decisiones dentro de las organizaciones. Desde esta perspectiva y de acuerdo con Chiang y Storey (2012), su efectividad no reside únicamente en la tecnología, sino en la capacidad de comprender y gestionar la complejidad de los datos, procesos y sistemas del negocio.

Este capítulo, muestra cómo la teoría de la complejidad puede utilizarse como un marco conceptual para analizar y optimizar proyectos de BI. De acuerdo con nuestras investigaciones, la complejidad se puede manifestar en tres distintos niveles: en la naturaleza intrínseca de los datos, en los desafíos de la gestión de proyectos y en la dinámica de la toma de decisiones. Además, al adoptar un enfoque de complejidad, las organizaciones pueden pasar de una visión lineal y predictiva a una perspectiva sistémica y adaptativa (Dooley y Van de Ven, 2007). El objetivo de este capítulo es presentar cómo la complejidad impacta en cada uno de estos niveles, proponer métodos y algoritmos ya existentes que permitan a la BI a desenvolverse y crecer en escenarios cambiantes.

La complejidad intrínseca de los datos en la inteligencia de negocios

Uno de los retos más importantes para el análisis de datos dentro de la inteligencia de negocios es que: los datos ya no son tan simples como solían ser. Actualmente, los conjuntos de datos forman parte de sistemas en los que distintos elementos se relacionan y afectan entre sí. De acuerdo con Emmert-Streib et al. (2024), este tipo de complejidad puede entenderse a través de varias características que ayudan a describir su naturaleza. Algunas de las más relevantes son: multidimensionalidad, heterogeneidad, interacciones no lineales, dinamismo y temporalidad, emergencia.

La primera característica es la multidimensionalidad, la cual puede observarse cuando los sistemas de BI trabajan con una gran cantidad de variables a la vez. Esta alta dimensionalidad provoca problemas en la visualización y el modelado de relaciones simples. Un ejemplo de ello puede ser al analizar el comportamiento de un cliente, el cual puede requerir de miles de variables, desde su historial de compras, su demografía hasta sus interacciones en redes sociales y geolocalización. Debido a esto, la reducción de la dimensionalidad se convierte en un paso crítico para el análisis.

Otra característica es la heterogeneidad, que ocurre al combinar los datos de múltiples fuentes y formatos distintos, tanto estructurados (bases de datos SQL) como no estructurados (texto, imágenes, audio, datos de sensores, etc). Esta integración de datos presenta un desafío en proyectos de BI. Varian (2014) explica esto como el desafío de las “tres V” del Big Data: volumen, variedad y velocidad.

En los sistemas complejos, una pequeña variación en una variable puede tener efectos grandes en otras variables. Esta característica es llamada interacciones no lineales, ya que no siguen una lógica lineal predecible y varían con el tiempo. Un ejemplo son las dinámicas del mercado, donde un rumor en redes sociales puede provocar cambios impredecibles en el precio de una acción.

La siguiente característica presentada es el dinamismo y temporalidad, las cuales hablan acerca de cómo los datos evolucionan rápidamente, y como las tendencias pueden volverse obsoletas en poco tiempo. Esto exi-

ge que los modelos de BI sean capaces de aprender y adaptarse continuamente a las nuevas condiciones, una característica central de los sistemas adaptativos complejos (Kauffman, 1993).

La última característica que nos gustaría destacar en este capítulo es la emergencia, la cual destaca que los patrones y comportamientos relevantes no son programados, sino que emergen como resultado de las interacciones entre los elementos del sistema (Holland, 1995). Un ejemplo de ello es las nuevas tendencias de consumo, las cuales no son creadas por una autoridad central, sino que surgen de la autoorganización de los usuarios en una red social o un mercado.

Es necesario comprender todas estas características, para que proyectos de BI sean exitosos en esta nueva era. En lugar de buscar causas únicas, se debe reconocer que interactúan múltiples factores. Esto requiere un cambio de mentalidad y un conjunto de herramientas analíticas diferentes.

Análisis de datos complejos: métodos y algoritmos para la BI

La inteligencia de negocios (BI) necesita ir más allá de la estadística básica, para poder enfrentar la complejidad de los datos. Es necesario recurrir a métodos y algoritmos especializados para descubrir patrones ocultos en la información multidimensional.

Métodos de análisis de datos complejos

Uno de los problemas más grandes de la complejidad es la multidimensionalidad. Para ello podemos hacer uso de herramientas como el análisis de componentes principales (PCA). La cual tiene como función principal la reducción de la dimensionalidad. El PCA toma un gran número de variables y las reduce en un grupo mucho más pequeño llamados “componentes principales”, los cuales contienen la mayor parte de la información original (Jolliffe, 2002).

Esto puede lograr que, en lugar de analizar miles de variables para describir el comportamiento de un cliente, el PCA pueda resumirlas y así usar

unos pocos indicadores claves que representen sus hábitos de compra. Como resultado podemos visualizar, modelar y comprender las relaciones internas de los datos mucho más fácil.

En ocasiones, el objetivo es identificar grupos con características similares dentro de los datos, es aquí donde entran las técnicas de Clustering. Algoritmos como k-means, DBSCAN o el clustering jerárquico pueden ser usados para que las empresas logren segmentar clientes de manera efectiva, clasificar productos o detectar patrones de fraude emergentes, lo que les permite personalizar sus estrategias y ofertas con precisión (Han et al., 2012).

Otro enfoque poderoso es el análisis de redes y grafos, para estudiar cómo interactúan los elementos (nodos) dentro de un sistema complejo.

Al representar los datos como un grafo (un mapa de conexiones), podemos visualizar y analizar las relaciones entre clientes, productos, influenciadores sociales o incluso cadenas de suministro. De acuerdo con Batagelj y Mrvar (2003), este tipo de análisis puede revelar “comunidades”, identificar a los nodos más influyentes (como usuarios clave en redes sociales) o detectar puntos débiles en el flujo de información o la comunicación.

Algoritmos y aprendizaje automático

El aprendizaje automático (*machine learning*) es una herramienta fundamental para la inteligencia de negocios (BI). Porque permite que los sistemas no solo procesen datos, sino que aprendan de ellos de forma continua y adaptativa. Esta habilidad para ajustarse y mejorar constantemente encaja perfectamente con la naturaleza impredecible de los sistemas complejos del mundo real (Alpaydin, 2020).

Para lograr esta adaptación, el machine learning despliega una serie de técnicas especializadas:

Para abordar las relaciones más intrincadas, se emplean las Redes Neuronales Artificiales (ANN). Estos modelos, que simulan la estructura del cerebro humano, son capaces de capturar patrones no lineales y extremadamente complejos que la estadística tradicional no podría siquiera modelar. Las ANN se alimentan de datos brutos para generar predicciones de demanda, clasificar

clientes o procesar lenguaje natural, adaptándose y generando patrones emergentes a medida que aprenden (Goodfellow et al., 2016).

Mientras las ANN se enfocan en la complejidad profunda, otras herramientas ofrecen una interpretación más estructural. Los árboles de decisión y el *Random Forest*, por ejemplo, abordan los problemas de clasificación y regresión dividiendo los datos en subconjuntos lógicos y recursivos. El algoritmo *Random Forest* potencia esto al combinar múltiples árboles, lo que mejora la precisión, maneja datos inconsistentes y permite una comprensión clara de cómo interactúan las diversas variables (Hastie et al., 2009).

Para los desafíos donde el número de variables es masivo, los *Support Vector Machines* (svm) se convierten en la elección ideal. Estos clasificadores operan buscando el “hiperplano” óptimo (la mejor línea divisoria) para separar las distintas clases en el espacio de datos, lo que los hace excepcionalmente robustos en la clasificación de conjuntos de datos complejos (Hastie et al., 2009).

Finalmente, para la exploración pura y el descubrimiento, los modelos no supervisados son fundamentales. Algoritmos como k-means (para agrupar datos similares) o t-SNE (para visualizar estructuras de alta dimensión) son cruciales porque operan sin necesidad de etiquetas o categorías predefinidas (Han et al., 2012).

De esta manera, el machine learning permite a la BI no solo describir el pasado, sino anticipar el futuro, personalizar estrategias y descubrir estructuras ocultas en la complejidad.

Esta capacidad de autoorganización y adaptación es fundamental para una inteligencia de negocios que opera en la complejidad del mundo real.

Gestión de la complejidad en proyectos de BI: enfoques ágiles y tradicionales

La forma en que se gestiona un proyecto de BI debe reflejar la complejidad inherente al trabajo. La elección del enfoque de gestión, ya sea tradicional o ágil, debe ser estratégica y depender del grado de incertidumbre y de los objetivos del proyecto.

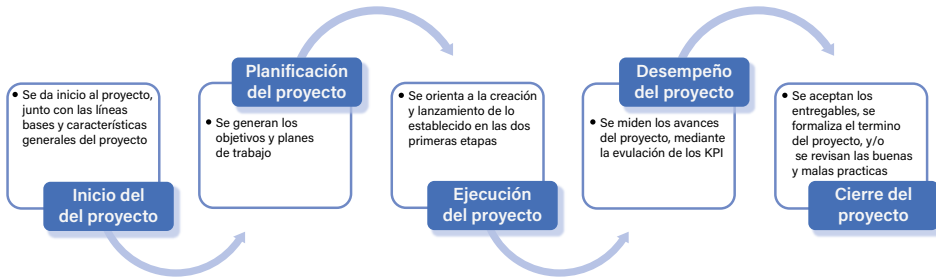
Los proyectos tradicionales tienden a ser más efectivos en proyectos donde el nivel de incertidumbre es bajo, ya que se tiene mayor experiencia, porque los procesos están bien establecidos y son conocidos o predecibles, también puede ser que se han desarrollado proyectos similares. Contrario a los proyectos tradicionales, los proyectos que son atendidos con el marco de trabajo de administración de proyectos ágil se distinguen por un alto nivel de incertidumbre porque son disruptivos; son proyectos en los que se tiene poca experiencia, porque nunca se han desarrollado o hay poca información o avances sobre el tema, por lo tanto, es necesario tener comunicación de banda ancha con el cliente, usuarios o involucrados en el proyecto.

Enfoque tradicional (predictivo)

La gestión de proyectos tradicional se basa en una planificación detallada desde el inicio y en una ejecución lineal o secuencial, una especie de carrera de relevos, y así una vez que termina cada una etapa, esta entrega la estafeta, para que la siguiente etapa inicie y así sucesivamente hasta que concluya el proyecto, las etapas se pueden listar de manera general (ver figura 3.1) como: inicio del proyecto, planificación del proyecto, ejecución del proyecto, desempeño y cierre del proyecto (Asana, 2025).

En proyectos de inteligencia de negocios con requerimientos estables y procesos bien definidos, como la consolidación de un sistema centralizado de data warehouse, este enfoque puede ser efectivo. Pero, en contextos de alta complejidad, la rigidez de un modelo predictivo puede convertirse en una limitación, al impedir la adaptación a los cambios en los nuevos o existentes requerimientos del usuario, así como en la aparición de nuevas tecnologías. Según Mir y Pinnington (2014), los enfoques tradicionales pueden mostrar mayor desempeño en proyectos, áreas o etapas con baja incertidumbre y alta regulación.

Figura 3.1. Fases de la gestión de proyectos (Asana 2025)



Fuente: elaborado con base en Asana, 2025.¹

Enfoque ágil (adaptativo)

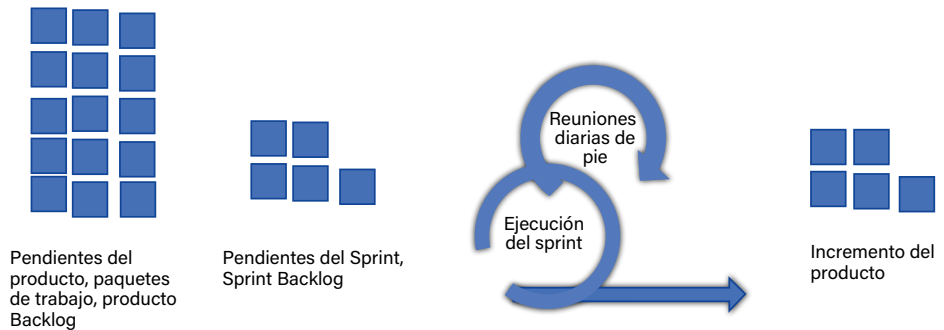
En contraste, la gestión ágil de proyectos es más adecuada para ambientes complejos, ambiguos y cambiantes, como los proyectos de BI orientados a la exploración de datos, el desarrollo de modelos de machine learning o el diseño de dashboards interactivos. El enfoque ágil promueve la iteración, la entrega incremental basada en las entregas tempranas de valor y la colaboración constante con los interesados, lo que permite manejar la incertidumbre de forma más eficiente, al tener una relación cercana al cliente y la aceptación de manera gradual de las funcionalidades o pequeños incrementos del producto del proyecto. Highsmith (2009) sostiene que “la agilidad es una respuesta directa a la complejidad y al cambio continuo del entorno empresarial”. El PMBOK® séptima edición (PMI, 2021), por su parte con su orientación basada en principios como la adaptabilidad, la entrega de valor y la colaboración, se alinea con los fundamentos ágiles para enfrentar la complejidad.

Uno de los estándares de las metodologías de administración de proyectos Ágil más reconocidos y utilizados es scrum (ver figura 2), el cual inicia estableciendo los pendientes del producto del proyecto, posteriormente los pendientes se distribuyen para desarrollar pequeñas funcionalidades o incrementos del proyecto y son desarrollados en un periodo de tiempo establecido llamado *sprint* que ir de dos a cuatro semanas; en el

¹ Véase en <https://asana.com/es/resources/project-management-phases>

tiempo de ejecución se puede desarrollar una reunión diaria de pie donde se revisa el avance del proyecto mediante el apoyo de tres preguntas básicas: ¿qué es lo que hiciste ayer?, ¿qué vas a hacer hoy? y ¿qué impedimentos o problemas tienes o puedes tener para avanzar en tu trabajo?, así todo el equipo está enterado del avance y se puede trabajar en la gestión de las condiciones idóneas para no interrumpir el avance del trabajo, cada sprint es planeado, el resultado de este es revisado, aceptado o se generan solicitudes de cambios, también se reflexiona sobre lo que funcionó y lo que no también se revisa (Sbok Guide, 2022).

Figura 3.2. Funcionamiento de Scrum SBOK Guide (2022)



Fuente: Adaptado de Scrum Body of Knowledge (SBOK Guide) (figura 6-8, p. 140), por SCRUMstudy (2022), VMEdU, I.

El Sbok (Scrum Body of Knowledge [Sbok Guide, 2022]) mediante el control del proceso empírico basado en la transparencia, inspección y adaptación, permite llevar a cabo una mejor colaboración en el equipo, al tener la información disponible y visible para todos los integrantes del equipo y los stakeholders o grupos de interés; esto permite que al revisar o visualizar todos los avances, se puedan emitir opiniones sobre mejores prácticas, técnicas o herramientas a utilizar y así generar mejores resultados; por lo tanto, la transparencia permite la inspección, y a su vez ellas dos generan cambios que permiten o impulsan a los proyectos ágiles a adaptarse a ellos.

Conceptos claves en el marco de trabajo ágil, entre ellos colaboración, auto-organización, automotivación, adaptación, entregas tempranas basadas

en el valor (incrementos del producto o funcionalidades), son elementos que permiten minimizar la incertidumbre y la complejidad de la emergencia de situaciones no previstas en los proyectos de desarrollo de software, análisis de datos, modelos de machine learning o en el diseño de dashboards, por lo tanto el desarrollo de proyectos de BI se puede apoyar en un marco de trabajo tradicional (predictivo) o ágil (adaptativo) dependiendo del tipo de proyecto que se desarrollará.

Casos de estudio: la complejidad como ventaja competitiva

La teoría de la complejidad es un marco de trabajo, ideologías, técnicas y tareas que convergen para permitir que las organizaciones tengan una perspectiva interdisciplinaria de la manera en que se pueden atender los problemas, puesto que una sola disciplina no puede atender todos los problemas, y será mucho más enriquecedor atender las emergencias y entornos complejos desde el dinamismo, aprendizaje automático, apoyados en redes neuronales, agentes inteligentes que permiten predecir un futuro posible basado en patrones de comportamiento históricos o emergentes, lo cual permite avanzar más rápido o de manera más ágil que la competencia. Sin duda los siguientes casos captan a algunas de las empresas más sobresalientes a nivel internacional y casos de éxito en la innovación y atención del negocio mediante técnicas de inteligencia de negocios, ciencia de datos y sin duda teoría de la complejidad.

El primer caso de éxito que se presenta es Amazon. Esta empresa realizó trabajos basados en redes complejas: donde el análisis de grafos apoyó en el análisis de millones de transacciones entre productos, usuarios y búsquedas. Proporcionando como resultado la detección de grupos de productos o clientes con patrones de comportamiento similares. Los algoritmos de aprendizaje automático utilizados son claros ejemplos de un sistema adaptativo complejo, al permitir que las recomendaciones evolucionen en tiempo real, al adaptarse a los diversos patrones de comportamientos de los usuarios (Smith y Linden, 2017).

Walmart como segundo caso de éxito en el manejo de la predicción de demanda con aprendizaje automático, al utilizar modelos adaptativos

de aprendizaje automático se adelanta a la demanda de productos en tiempo real por medio de la predicción, para ello considera variables interconectadas como ventas históricas, condiciones climatológicas, la temporada, los eventos locales, fechas conmemorativas y otros. Por lo tanto, podemos vislumbrar que la inclusión de la complejidad permite optimizar un sistema de negocio. Por lo anterior se ha mejorado la logística, al reducir pérdidas, permitiendo así que la eficiencia en la cadena de suministro tenga un aumento significativo (ProjectPro, n.d.).

En tercer lugar, se da introducción sin duda a uno de los más grandes éxitos de la actualidad (Netflix), que permitieron la personalización dinámica del contenido. Netflix utiliza redes neuronales para analizar patrones de visualización y así generar una clasificación personalizada de acuerdo con los gustos del catálogo de usuario. Sus algoritmos permiten detectar patrones de comportamiento emergentes orientados al consumo de acuerdo con culturas y estos pueden cambiar por ubicación geográfica, zona horaria o día de la semana. Esta aplicación demuestra cómo la comprensión de la complejidad sistémica genera una personalización masiva y efectiva que podría ser muy difícil llegar a este resultado con métodos tradicionales (Netflix, 2025).

Por último, y no menos importante, está el caso de Procter & Gamble, por medio de simulaciones complejas del mercado; la empresa P&G utiliza modelos de agentes para predecir cómo los consumidores se comportan ante nuevos precios, productos o campañas. Estas simulaciones permiten identificar y comprender el comportamiento colectivo emergente del mercado antes del lanzamiento o relanzamiento de un producto, lo que elimina, minimiza, o transfiere el riesgo, al mismo tiempo que optimiza la toma de decisiones estratégicas (P&G, 2025).

Conclusión y perspectivas futuras

La complejidad no debe ser vista como un obstáculo a superar, sino como una característica o estrategia intrínseca de los sistemas empresariales modernos que nos genera una ventaja competitiva ante nuestros competidores o la calidad de la solución de problemas, atención a clientes, servicios, pro-

ductos, etcétera. El éxito de cualquier iniciativa de inteligencia de negocios (BI) reside en adoptar una postura adaptativa, con atención a la emergencia de comportamiento o situaciones, donde la solución nos la puede brindar la implementación y seguimiento de enfoques ágiles y herramientas analíticas como lo puede ser machine learning.

La teoría de la complejidad ofrece una perspectiva que permite entender los negocios como sistemas dinámicos, emergentes y adaptativos (Kauffman, 1993). Al aplicar el análisis de datos complejos y los algoritmos adecuados, la inteligencia de negocios supera la descripción de los datos, como solo aprender del presente y prepararse para el futuro. Esta capacidad de entender e integrar la complejidad sistémica genera en las organizaciones que las adoptan la capacidad de transformarse en una fuente de innovación y adaptabilidad, al mismo tiempo que garantiza su supervivencia y crecimiento en un mundo de negocios en constante cambio.

Con proyección al futuro, la inteligencia de negocios (BI) dará un paso adelante al crecer de un enfoque predictivo a uno prescriptivo y simulativo, internándose en el centro del negocio, esto es en el área de la toma de decisiones estratégicas.

1. El primer punto por resaltar es el de simulación y gemelos digitales (*digital twins*): El siguiente paso en la gestión de la complejidad, puesto que es la capacidad de crear sistemas complejos virtuales que permitan anticipar escenarios de crecimiento y beneficio para las organizaciones. De acuerdo con Axelrod y Cohen (2000), el uso de modelos basados en agentes y la simulación ha logrado que la inteligencia de negocios no solo se limite a reaccionar ante los cambios, sino que también pueda probar distintas estrategias en un “gemelo digital” del negocio o del mercado. Esto convierte la complejidad en un laboratorio controlado para la toma de decisiones, facilitando la optimización de la gestión de riesgos (Emmert-Streib et al., 2024).
2. En cuanto a la aplicación de la inteligencia artificial explicable (XAI): permite entender en que medida los algoritmos de aprendizaje profundo se vuelven más complejos, lo anterior permite el surgimiento de un riesgo significativo: la opacidad o falta de transparencia, también llamado el problema de la “caja negra”, ya que resulta complicado

comprender o visualizar su lógica de comportamiento al no mostrar información relacionada (Doshi-Velez y Kim, 2017). Para que la inteligencia de negocios sea una herramienta confiable y estratégica, requiere explicar en qué se basó para tomar decisiones o como detectó un patrón de comportamiento. Por lo tanto, la investigación futura deberá centrarse en desarrollar métodos más eficaces, los cuales permitan el equilibrio entre la exactitud predictiva de los modelos complejos, así como la manera de interpretar, y también la ética, es así como se debe asegurar que la inteligencia de negocios no solo brinde respuestas, sino también confianza en su proceso.

Se puede concluir que la inteligencia de negocios se enriquece no solo por el análisis de los datos y su procesamiento, sino también por la capacidad de descubrir los patrones de comportamiento emergentes y las dinámicas que definen este comportamiento de los sistemas organizacionales, lo anterior permite que se consolide como una capacidad estratégica, dinámica y adaptativa esencial.

Referencias

- Asana. (2025). *Las 5 fases de la gestión de proyectos para que mejores el flujo de trabajo de tu equipo*. <https://asana.com/es/resources/project-management-phases>
- Alpaydin, E. (2020). *Introduction to Machine Learning* (4a ed.). MIT Press.
- Axelrod, R., y Cohen, M. D. (2000). *Harnessing Complexity: Organizational Implications of A Scientific Frontier*. Free Press.
- Batagelj, V., y Mrvar, A. (2003). Pajek: Analysis and Visualization of Large Networks. En M. Jünger y G. Reinelt (Eds.), *Combinatorial Optimization: Eureka, You Have Found It!* (pp. 165–181). Springer.
- Bennet, N., y Lemoine, G. J. (2014). What VUCA Really Means for You. *Harvard Business Review*, 92(1/2), 23-28.
- Chen, H., Chiang, R. H. L., y Storey, V. C. (2012). Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Big Impact. *MIS Quarterly*, 36(4), 1165–1188. <https://doi.org/10.2307/41703503>
- De Toni, A. F., y De Zan, M. (2021). The VUCA World: Business Agility and Managerial Competences. *Management Research and Practice*, 13(2), 5-16.
- Dooley, K. J., y Van de Ven, A. H. (2007). Complexity Theory and Organizational Change.

- En R. A. Swanson y E. F. Holton III (Eds.), *Foundations of Human Resource Development* (2da ed.) (pp. 279-296). Berrett-Koehler Publishers.
- Doshi-Velez, F., y Kim, B. (2017). Towards a Rigorous Science of Interpretable Machine Learning. arXiv preprint arXiv:1702.08608.
- Emmert-Streib, F., Cherifi, H., Kaski, K., Kauffman, S., y Yli-Harja, O. (2024). Complexity Data Science: A Spin-off From Digital Twins. *PNAS Nexus*, 3(11), pgae456. <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgae456>
- Goodfellow, I., Bengio, Y., y Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
- Han, J., Kamber, M., y Pei, J. (2012). *Data mining: Concepts and techniques* (3a ed.). Morgan Kaufmann.
- Hastie, T., Tibshirani, R., y Friedman, J. (2009). *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction* (2a ed.). Springer.
- Holland, J. H. (1995). *Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity*. Addison-Wesley.
- Jolliffe, I. T. (2002). *Principal Component Analysis* (2a ed.). Springer.
- Kauffman, S. A. (1993). *The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution*. Oxford University Press.
- Netflix (2025). Áreas de investigación - Aprendizaje automático - Aprendiendo a entretener al mundo. <https://research.netflix.com/research-area/machine-learning>
- Smith, B., y Linden, G. (2017). Two Decades of Recommender Systems at Amazon.com. *IEEE Internet Computing*, 21(3), 12-18. <https://assets.amazon.science/76/9e/7eac-89c14a838746e91dde0a5e9f/two-decades-of-recommender-systems-at-amazon.pdf>.
- P&G (2025), *Más de 100 Años de transformación tecnológica en la investigación del consumidor de P&G*. <https://es.pg.com/blogs/100-anos-innovacion/>
- Project Management Institute (PMI). (2021). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos* (Guía del PBMBOK, 7ª ed.). Project Management Institute.
- ProjectPro. (n.d.). *How Big Data Analysis Helped Increase Walmart's Sales Turnover*. <https://www.projectpro.io/article/how-big-data-analysis-helped-increase-walmarts-sales-turnover/109>
- SBOK Guide (2022) *Scrum Body of Knowledge*, (p. 7-134)
- Varian, H. R. (2014). Big data: New Tricks for Econometrics. *Journal of Economic Perspectives*, 28(2), 3-28.

4. La administración en entornos complejos: gestión, caos y adaptación



CLAUDIA BERRA BARONA*

YIRANDY JOSUÉ RODRÍGUEZ LEÓN**

IVONNE JACQUELINE CRUZ***

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.395.04>

Resumen

Actualmente, las organizaciones no pueden entenderse como máquinas rígidas en las que cada parte funciona de manera aislada, sino todo lo contrario, se parecen más a sistemas vivos: abiertos, cambiantes e interdependientes. Acorde a Byrne (1998), su comportamiento no se explica únicamente sumando las acciones de cada área, sino observando cómo interactúan entre sí.

Esta visión debate a los modelos tradicionales basados en jerarquías estrictas y control absoluto, propios del taylorismo, donde lo más importante era la eficiencia y la previsibilidad.

En un mundo globalizado y digital, las organizaciones interactúan con múltiples actores y factores al mismo tiempo, lo cual genera resultados no planeados que no se pueden prever con modelos lineales.

Es ahí donde surge la teoría de la complejidad, la cual propone ver a las organizaciones como sistemas adaptativos complejos (Axelrod y Cohen, 2000; Mowles, 2015).

* Doctora en Ciencias Administrativas. Profesora-investigadora en la Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9069-4012> ; Scopus ID: 57218385937 ; correo electrónico: claudia.berra@uabc.edu.mx

** Doctor en Ciencias Administrativas. Profesor-investigador en la Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6640-5364> ; Scopus ID: 57817057900

*** Doctora en Ciencias Administrativas. Profesora-investigadora en la Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9382-4719> ; Scopus ID: 57817862600

Bajo esta perspectiva, estos sistemas se caracterizan por su capacidad de aprender, reorganizarse y evolucionar constantemente. En este marco, el liderazgo deja de ser una figura de control y pasa a ser un facilitador que impulsa el aprendizaje, la innovación y la autonomía de los equipos, por tanto, la incertidumbre deja de ser vista como una amenaza y se reconoce como parte natural del proceso.

La teoría del caos aporta otra perspectiva: señala que los sistemas son muy sensibles a sus condiciones iniciales y que pequeños cambios pueden tener grandes repercusiones, lo que se conoce como “efecto mariposa” (Lorenz, 1963).

Aunque a primera vista el entorno parezca caótico, suelen aparecer patrones que ayudan a orientar las decisiones. Por ello, la gestión no puede basarse en un control rígido, sino en decisiones flexibles, experimentales y ajustables.

De estas ideas surgen varias recomendaciones: fomentar la experimentación, promover la diversidad, descentralizar la toma de decisiones, fortalecer la resiliencia, y coordinar con base en valores compartidos.

Ejemplos como Netflix y Toyota nos muestran cómo estas prácticas permiten adaptarse a los cambios, innovar de manera constante y mantener una ventaja competitiva en entornos inciertos.

Palabras clave: *complejidad, administración, teoría del caos, estrategias adaptativas.*

Introducción

Hoy en día, las organizaciones se desarrollan en entornos cambiantes marcados por la volatilidad, la incertidumbre, la complejidad y la ambigüedad, un contexto conocido como VUCA por sus siglas en inglés.

En estas condiciones, los modelos de administración tradicionales -basados en jerarquías rígidas y planes fijos- muestran importantes limitaciones. Por ello, han surgido nuevas formas de gestión que incorporan aportes de la teoría de la complejidad, la teoría del caos y las estrategias adaptativas.

El presente capítulo presenta estas perspectivas a partir de dos directrices: la gestión de sistemas organizacionales complejos y la aplicación de la teoría del caos en la toma de decisiones.

La discusión se presenta en torno a cuatro autores principales: Robert Axelrod y Michael D. Cohen, quienes ponen sobre el tintero a las organizaciones como sistemas adaptativos complejos, capaces de aprender y reorganizarse constantemente; David Byrne quien, desde su filosofía, hace una introducción a la teoría de la complejidad en las ciencias sociales y, finalmente, Chris Mowles, quien analiza las paradojas y retos que enfrentan los líderes al trabajar en contextos inciertos y cambiantes.

Desarrollo

Las ciencias económico-administrativas están en constante cambio, y el dinamismo de las organizaciones involucra una extensa variedad de usos tanto en el área humana como en el ambiente social. En este capítulo presentaremos un análisis de la teoría de la complejidad de Edgar Morín, la cual está basada en el pensamiento sistémico y la teoría del caos, desde un enfoque transformador para la gestión organizacional, al entender los fenómenos como sistemas interconectados y dinámicos.

Esta teoría mejora la administración del capital humano al priorizar interacciones, adaptabilidad y emergencia, superando las limitaciones de la racionalidad limitada y fomentando la toma de decisiones transdisciplinaria en entornos inciertos.

Dentro de los estudios de la complejidad se define a las organizaciones como sistemas vivos, los cuales integran personas, procesos y contextos, por medio del pensamiento complejo, para mejorar la gestión humana y facilitar la evolución en contextos cambiantes (Romero, 2025).

Para tener una definición más acertada de lo que quiere decir un sistema complejo, lo podemos entender como un tejido de elementos individuales, los cuales interactúan y a partir de ahí se producen nuevas y variadas propiedades y características de los sistemas, los resultados de esas variaciones se adhieren a las aportaciones de carácter individual de todos los elementos del sistema.

Es relevante comprender que la práctica y teoría de la administración han tenido su desarrollo bajo el experimento de “efecto mariposa”, ya que la gestión infiere indiscutiblemente desde los niveles jerárquicos, el establecimiento de límites y la aplicación de un sistema de control y gestión de resultados.

Es menester hacer hincapié que, en el contexto de los fenómenos globalizadores, los sistemas de información y los factores tecnológicos, condicionan a los sistemas administrativos complejos a enfrentar problemas que exigen mayor velocidad de respuesta, a sincronizar las acciones, reducir costos y en generar a procurar un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles.

Por lo tanto, las ciencias de la complejidad aplicadas a la administración han propuesto una alternativa para atender eficazmente a las problemáticas que envuelven a las organizaciones del siglo XXI.

Hablemos ahora del concepto “atractor”, este término se refiere a la guía o camino a seguir, en este sentido, en el campo de las ciencias económico-administrativas se refiere a las conductas observadas en tiempos determinados. Estas conductas o atractores pueden ser positivos, negativos u óptimos.

Acorde a Axelrod y Cohen (2000), las ciencias administrativas, desde un enfoque de la teoría de la complejidad, deben cambiar los patrones regidos por un control total de la organización y en su lugar optar por modelos de gestión flexibles, adaptables a las condiciones cambiantes y turbulentos del entorno.

A partir de ahí, bajo esta premisa, las organizaciones que adopten un modelo de gestión con enfoque en la complejidad deben permitirse la oportunidad de experimentar a través de la prueba, ensayo y error a fin de mejorar sus procesos administrativos.

Por su parte, Mowles (2015) pone sobre la mesa el análisis del liderazgo como un elemento de gran relevancia para la adopción de una gestión enfocada en la complejidad, por lo que la apuesta radica en fomentar y procurar organizaciones flexibles, con dinámicas de comunicación horizontal en las que todos los miembros de la organización tengan la oportunidad de proponer, debatir e incluso cuestionar a la propia organización y sus líderes.

Bajo estos argumentos es que el enfoque de administración tradicional, basado en los preceptos Taylorianos, en los cuales se privilegiaba el control excesivo, la burocracia, el sistema jerárquico de administración, entre otros; queda rebasado, por lo que la propuesta para la mejora de los sistemas de

gestión en la organización, que buscan sistemas innovadores, adoptar modelos flexibles y adaptables, es implementar y aceptar a la complejidad como una parte viva dentro de las organizaciones.

A su vez, Byrne (1998), desde sus aportaciones, refuerza la premisa de que el logro de resultados en una organización no se genera de forma automática como parte de un sistema de control, sino por el contrario, esos resultados van a depender en gran medida de las interacciones entre los miembros de la organización, así como de los efectos del medio ambiente.

De acuerdo con Axelrod y Cohen (2000), los agentes dentro de las organizaciones aprenden de la experiencia y modifican su comportamiento en función del entorno. La verdadera capacidad de adaptación no proviene de imponer controles externos, sino de permitir que la autoorganización florezca internamente.

Por ello, el rol del liderazgo cambia de ser un controlador de resultados y pasa a convertirse en un facilitador del aprendizaje y la innovación. La dirección estratégica debe centrarse en crear las condiciones necesarias para que la organización pueda aprender, adaptarse y evolucionar continuamente en entornos inciertos.

Paradigmas tradicionales contra nuevos enfoques

El paradigma clásico de la administración, inspirado en el modelo mecanicista de Taylor y Fayol, parte de la idea de que las organizaciones operan en un entorno estable, predecible y controlable. Este enfoque funcionó en su momento, pero en contextos actuales de mayor complejidad resulta limitado e insuficiente.

Como advierte Mowles (2015), “la incertidumbre y la ambigüedad no son anomalías a corregir, sino condiciones inherentes a la vida organizacional” (p. 45). En otras palabras, la falta de certeza no es un problema que deba eliminarse, sino una característica natural de cómo funcionan las organizaciones.

Estrategias para actuar en escenarios de incertidumbre

Axelrod y Cohen (2000) proponen el fomento de la experimentación en la organización, en donde sea posible que todos los involucrados participen y colaboren de forma activa en la propuesta de soluciones y estrategias de mejora organizacional, será en equipos de trabajo colaborativo en donde se podrá tomar la mejor decisión basada en el consenso colectivo.

Byrne (1998) propone que la diversidad y la descentralización como elementos de los sistemas administrativos modernos favorecerá el desarrollo de experiencias que permiten la adaptación del sistema administrativo, lo que puede favorecer escenario resilientes e innovadores.

Acorde a este último autor, se recomienda la formación de equipos multidisciplinarios, diversos, con características diferenciadoras que —en su conjunto y con base en sus conocimientos, experiencias, capacidades y habilidades— aporten a la organización todo ese conjunto de características, lo que sin lugar a duda sirve como un escenario para fomentar la innovación y la creatividad.

Mowles (2015) propone como una estrategia para las organizaciones el desarrollo de la capacidad de auto organización, esto quiere decir, que se brinde a los miembros del equipo de trabajo la oportunidad de resolver los conflictos y tomar decisiones de forma autónoma.

Asimismo, se recomienda el fortalecimiento de la resiliencia como un sistema que permita a la organización no solamente enfrentar las situaciones adversas, sino que, a partir del ejercicio de la resiliencia como una forma de vida, se favorezca una planificación flexible mediante la generación y desarrollo de redes de colaboración, que le permitan a la organización y a todos sus integrantes la adaptación ante cambios o situaciones contingentes.

Otra recomendación altamente efectiva es fomentar la comunicación y el diálogo como una herramienta que permita hacer negociaciones efectivas, recibir y practicar la retroalimentación positiva, en donde se reconozcan los logros individuales y se generen canales de comunicación efectivos.

Es importante señalar que, dentro de la implementación de los sistemas administrativos complejos, también se requiere adoptar un sistema para monitorear y estar al tanto de cualquier cambio a nivel interno o externo, debido a que, en un entorno de turbulencia, las organizaciones deben estar

preparadas para enfrentar problemas, anticipar escenarios adversos y aprovechar oportunidades.

Entra ahora la relevancia de la implementación de un sistema de valores compartidos por la organización, un sistema de este tipo le va a permitir a los integrantes del grupo de trabajo la toma de decisiones conjuntas, orientadas al logro de la misión y visión compartida por todos los integrantes de la organización.

Y finalmente, se recomienda como una estrategia altamente efectiva el establecimiento de redes de colaboración, al interior y exterior de la organización, la adopción de este tipo de redes va a permitir al sistema en su conjunto compartir recursos, aprovechar conocimientos, experiencias, recursos disponibles para fortalecer la adaptabilidad y el aprendizaje colectivo.

Teoría del caos y sistemas complejos

Un elemento relevante para comprender la complejidad dentro de la administración lo encontramos desde la teoría del caos y sistemas complejos.

La teoría del caos y de la complejidad se desarrolló gracias a la habilidad de las computadoras para llevar a cabo cálculos que superan a las capacidades del cerebro humano, lo cual fue posible gracias al experimento de Edward Lorenz, quien realizó una introducción de variables relacionadas a la atmósfera en un programa de computadora, buscando con ello la predicción de estado del tiempo.

Observó que una minúscula modificación, en una de las variables al inicio de los cálculos (en el rango de milésimas de unidad), daba como resultado algo totalmente diferente. Esta sensibilidad a las condiciones de partida, conocida popularmente como el “efecto mariposa”, es una manifestación de caos, por lo tanto, el caos puede decirse como el comportamiento imprevisible de los sistemas complejos gobernados.

Por su parte, Byrne (1998) hace hincapié en que, incluso dentro de un sistema en caos, se generan patrones de orden, lo que confirma el hecho de que, en muchas ocasiones, más allá de que las organizaciones aparenten no tener control y operar en medio del caos, es posible que se desarrollen patrones repetitivos, que, a la larga, permitan su evolución de forma natural.

Asimismo, Axelrod y Cohen (2000) incorporan el término “atractores extraños”, como patrones de conducta que le permiten a la organización manejarse en entornos de previsibilidad en entornos complejos; estos atractores se pueden identificar entre un sistema de valores compartidos, el establecimiento de rutinas o redes informales que favorecen a las organizaciones.

Dimensiones de la adaptabilidad:

1. Tecnológica: capacidad de incorporar nuevas herramientas, plataformas y procesos.
2. Cultural: disposición a aprender, colaborar y transformar mentalidades.
3. Estructural: flexibilidad organizacional para responder a cambios del entorno.
4. Estratégica: habilidad para redefinir objetivos y modelos de negocio ante nuevas realidades.

Estas estrategias y dimensiones muestran que, en entornos cambiantes e inciertos, la adaptabilidad no es una opción, sino una condición indispensable para la supervivencia y el éxito organizacional.

Ejemplos de empresas que han operado bajo sistemas complejos

La empresa Netflix, actualmente una plataforma de entretenimiento a nivel mundial, en sus inicios comenzó como una empresa que alquilaba películas, actualmente; esta empresa está produciendo contenido. Este cambio fue posible gracias a la capacidad de identificar la turbulencia del entorno, la adopción de la innovación como una forma de cultura organizacional y, sin lugar a duda, el monitoreo a las tendencias del entorno.

La empresa Toyota, con la finalidad de implementar la mejora continua, implementó el modelo Kaizen, el cual permite la participación de empleados y directivos, así como la adaptación al cambio; la filosofía Kaizen le ha permitido a Toyota, empresa líder en el sector automotriz, mantenerse en altos niveles de competitividad en un sector altamente turbulento.

Estos casos muestran que la adaptabilidad, el aprendizaje constante y la innovación son indispensables para que las organizaciones prosperen en entornos complejos y cambiantes.

Reflexiones finales

Hoy en día, con mayor frecuencia en diversos estudios se hace referencias a la teoría del caos para explicar y predecir fenómenos o conductas de la ciencia administrativa, muy similar a como ocurre en el campo de las ciencias exactas. Por lo que se observa un orden a partir de un supuesto desorden o caos, el cual puede ser descrito y explicado de forma específica.

Por lo tanto, de forma similar a fenómenos naturales, como un ciclón, un temblor, que pueden provocar inundaciones, derrumbes que provoquen accidentes letales, de igual forma, dentro de los grupos conformados por personas, los disturbios pueden ocasionar desastres severos en donde prive la violencia colectiva.

El caos y los fractales originan respuestas de autoorganización y emergencia, y ocurren cuando los componentes de los sistemas se organizan por ellos mismos dando lugar a sistemas diferentes, en tanto que las respuestas de emergencia se definen de la siguiente forma: La administración se concibe acorde a la ciencia compleja, ya que no es una entidad excluyente que se desempeña en dos dimensiones simultáneas, sino que hay cuatro procesos interconectados:

1. Relaciones recíprocas de los ambientes físico y social con la administración (insumos, procesos, resultados y retroalimentadores), procesos en los que hay cambios e interdependencias, conductas en diferentes sentidos que no actúan linealmente, ni de forma continua, ni con la misma intensidad.
2. Dinámicas internas en el sistema administración, procesos sin linealidad en los que el orden se oculta tras el desorden. Lo aleatorio está siempre en acción y lo imprevisible ocurre.
3. Aparición de las respuestas autoorganizadoras, emergentes, no conciliadoras ni lineales.

La administración, desde una perspectiva de las ciencias de estudios de la complejidad, puede significar una articulación, coordinación y relación de los componentes para buscar lograr ser eficientes, eficaces y efectivos dentro de marcos de ética y legalidad.

La complejidad representa una oportunidad para adaptar las organizaciones a los retos del entorno, para lo cual se requiere apertura al cambio, adaptabilidad, pensamiento sistémico, comunicación asertiva, liderazgo emocional; a partir de un aparente caos o desorden pueden emerger oportunidades que se conviertan en estrategias para adaptarse al cambio organizacional.

En definitiva, la complejidad aplicada a la administración no va a resolver todos los problemas de las organizaciones, pero, sin lugar a duda, su enfoque provee de orientaciones valiosas para un mundo en constante incertidumbre.

Por último, es importante resaltar que la administración del siglo XXI necesita de líderes que comprendan la complejidad no como un caos, sino como una forma valiosa para facilitar la experimentación, dejar de lado modelos de gestión obsoletos y dar paso a organizaciones resilientes, innovadoras, flexibles y humanas, capaces de lograr la adaptación a un contexto en cambio permanente.

Referencias

- Andreu, M., Policastro, P., Días, T., y Pardo, Y. (2022). Teoría de la complejidad en la atención del paciente con dolor musculoesquelético. *Biomédica: Revista del Instituto Nacional de Salud*, 42(4), 562–573. <https://libcon.rec.uabc.mx:2281/10.7705/biomedica.6440>
- Axelrod, R., y Cohen, M. D. (2000). *Harnessing Complexity: Organizational Implications of a Scientific Frontier*. Basic Books.
- Byrne, D. (1998). *Complexity Theory and the Social Sciences: An Introduction*. Routledge.
- Gleick, J. (1987). *Chaos: Making a new science*. Viking.
- Fajardo-Ortiz, G., y Ortiz-Montalvo, A. (2013). El enfoque de las ciencias de la complejidad en la administración de servicios de salud. *Revista Medica Del IMSS*, 51(2), 164–169.
- Lorenz, E. N. (1963). Deterministic nonperiodic flow. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 20(2), 130–141. [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1963\)020%3C0130:DNF%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1963)020%3C0130:DNF%3E2.0.CO;2)
- Mowles, C. (2015). *Managing in Uncertainty: Complexity and The Paradoxes of Everyday Organizational Life*. Routledge.

- Nuria Romero. (2025). Teoría de la complejidad en la gestión del recurso humano organizacional, basada en el pensamiento complejo. *Exterior*, 4(2), 124–139. <https://libcon.rec.uabc.mx:2281/10.56880/exterior42.2>
- Prigogine, I., y Stengers, I. (1984). *Order Out of chaos: Man's New Dialogue With Nature*. Bantam Books.
- Stacey, R. D. (1995). The Science of Complexity: An Alternative Perspective for Strategic Change Processes. *Strategic Management Journal*, 16(6), 477–495. <https://doi.org/10.1002/smj.4250160606>
- Thietart, R. A., y Forgues, B. (1995). Chaos Theory and Organization. *Organization Science*, 6(1), 19–31. <https://doi.org/10.1287/orsc.6.1.19>
- Uhl-Bien, M., y Marion, R. (2008). Complexity Leadership. En M. Uhl-Bien y rrr R. Marion (Eds.), *Complexity leadership part I: Conceptual foundations* (pp. 185–224). Information Age Publishing.

5. Complejidad y estrategia en los negocios internacionales



ROBERTO REYES RIVERA*
ROBERT EFRAÍN ZÁRATE CORNEJO**
LOURDES CUTTI RIVEROS***

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.395.05>

Resumen

El presente capítulo explora la complejidad de los negocios internacionales en el contexto del siglo XXI, en ella se observa cómo los factores económicos, culturales, legales y tecnológicos interactúan de manera dinámica y no lineal, creando entornos turbulentos donde aumentan paralelamente los riesgos y oportunidades en los mercados globales. El estudio se centra en fundamentos de la teoría de la complejidad, el modelo CUVa (Complejidad, Incertidumbre, Volatilidad y Ambigüedad), los siete principios de pensamiento estratégico de Sanders y los niveles de turbulencia de Igor Ansoff. A través de estos enfoques, tanto académicos como profesionales encuentran un marco analítico para evaluar entornos complejos, para gestionar la incertidumbre y desarrollar capacidades organizativas adaptativas que les permitan transformar los retos mundiales en ventajas competitivas sostenibles. Como conclusión, se destaca que los rendimientos de los negocios en los mercados globales no se basan solo en la eficiencia estática, sino en la agilidad estratégica, la resiliencia del sistema y la innovación continua. Para sobrevivir y prosperar en un contexto global hay que alinear la capa-

* Doctor en Administración en Negocios. Profesor en la Universidad Autónoma de Baja California, México.

** Doctor en Ciencias Económicas. Profesor-investigador en la Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6636-1939>

*** Doctora en Educación. Profesora-investigadora en la Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3221-9256>

cidad interna de las organizaciones para enfrentar la diversidad del entorno complejo para convertir la turbulencia en ventaja competitiva.

Palabras clave: *complejidad, negocios internacionales, pensamiento estratégico, ambientes turbulentos, gestión global.*

Introducción

La globalización se sustenta en la red de interdependencias de los factores económico, político, social y tecnológico, que ha generado mayor complejidad en la gestión de los negocios internacionales (Meyer y Peng, 2016). En este escenario, donde la gestión empresarial ya no se centra únicamente en equilibrar objetivos internos conflictivos, como los financieros, fiscales, ambientales y productivos, también requiere desenvolverse en un entorno externo altamente dinámico, caracterizado por la diversidad cultural, la volatilidad de los sistemas financieros globales, la proliferación de aranceles y medidas no arancelarias, y marcos legales y regulatorios que están en constante cambio (Cavusgil et al., 2020).

Un entorno complejo convierte la gestión internacional en un campo que requiere de un pensamiento estratégico de alto nivel, que se sustente en la adaptabilidad, la innovación continua y la anticipación a cambios disruptivos. Las organizaciones que logran interpretar y aprovechar esta complejidad, en lugar de verse amenazada, pueden construir ventajas competitivas sostenibles y de difícil réplica, para así consolidar su posicionamiento en mercados globales altamente competitivos (Teece, 2018).

Teorías y enfoques para abordar la complejidad en los negocios internacionales

Ante los cambios rápidos y eventos disruptivos que se presentan en el actual contexto, las empresas necesitan enfoques que les permitan interpretar la dinámica de los sistemas globales y proponer estrategias resilientes y adaptativas.

Teoría de la complejidad

La teoría de la complejidad busca analizar los diferentes componentes interconectados de las organizaciones, desde un sistema adaptativo complejo. En ello, la interacción dinámica entre sus múltiples dimensiones da lugar a fenómenos emergentes, caracterizados por su no linealidad e imprevisibilidad (Capra y Luisi, 2016).

La teoría de la complejidad desde el contexto de los negocios internacionales, entiende que los cambios en los mercados, las políticas y las tecnologías no ocurren de forma aislada, sino que forman parte de un ecosistema global interconectado. Estos sistemas atraviesan ciclos constantes de retroalimentación, donde pequeñas alteraciones en un país o región pueden generar efectos amplificados a nivel global, un fenómeno conocido como el efecto mariposa.

Por ello, las empresas requieren pasar de un estilo de gestión de planificación rígida y lineal, hacia un enfoque sistémico con estrategias dinámicas y resilientes, muy necesarios para manejar escenarios de alta turbulencia e incertidumbre. Las empresas deben estar preparadas para desarrollar capacidades de adecuación en respuesta a entornos cambiantes, generar soluciones creativas e innovadoras que surgen de la interacción entre diversos actores e identificar y analizar los ciclos que refuerzan o equilibran la dinámica estratégica.

Enfoque de redes

El enfoque de red analiza cómo las empresas internacionales generan y aprovechan conocimiento, los recursos y la influencia a través de relaciones basadas en la confianza y la cooperación mutua. Estas redes no solo promueven la expansión internacional, sino que también explican la creciente interdependencia entre los actores globales (Gereffi, 2020).

En los negocios internacionales, estas redes adoptan la forma de Cadenas Globales de Valor (CGV) al involucrar a diversas empresas, gobiernos e instituciones. Dentro de estas redes se comparten habilidades tecnológicas y conocimiento estratégico, se coordinan los procesos de producción y lo-

gística entre distintos países para luego establecer relaciones de confianza, fundamentales para la colaboración a largo plazo.

Sin embargo, esta interconexión también aumenta la vulnerabilidad del sistema, ya que una disrupción localizada, como la pandemia de COVID-19 o un conflicto geopolítico, puede provocar efectos dominó que impactan a toda la red.

Gestión de la incertidumbre

La gestión de la incertidumbre es la capacidad organizacional para tomar decisiones y crear valor, debido a que, en un contexto global, es imposible predecir con precisión el comportamiento futuro de los mercados, las regulaciones y las tecnologías. Este enfoque se centra en transformar la incertidumbre en oportunidades estratégicas, utilizando herramientas que permiten a las organizaciones anticipar, adaptarse y reaccionar rápidamente ante lo inesperado. Este enfoque fomenta una actitud proactiva y flexible, donde la incertidumbre deja de verse únicamente como una amenaza para convertirse en un motor de innovación y cambio estratégico.

Dimensiones de la complejidad en los negocios internacionales

La complejidad de los negocios internacionales se manifiesta en varias dimensiones interrelacionadas que interactúan, creando un entorno sumamente desafiante para las organizaciones. Es esencial comprender estas dimensiones para desarrollar estrategias efectivas que permitan a las empresas adaptarse de forma rápida y sostenible a los cambios globales.

Dimensión económica y geopolítica

La creciente integración de las Cadenas Globales de Valor (CGV) ha generado un alto grado de interdependencia entre proveedores, fabricantes, dis-

tribuidores y consumidores, lo que facilita la optimización de costos y mejorar la eficiencia. Sin embargo, esta misma interconexión también incrementa la vulnerabilidad del sistema. Eventos disruptivos, como la pandemia de COVID-19, tensiones geopolíticas o bloqueos estratégicos, como el ocurrido en el Canal de Suez en el año 2021, demuestran cómo un impacto localizado puede desencadenar efectos dominó que afectan al sistema económico global (Gereffi, 2020; Banco Mundial, 2022).

Además de la fragilidad inherente de las CGV, las empresas multinacionales deben lidiar con la inestabilidad de los mercados financieros internacionales, amenazada por constantes variaciones en los tipos de cambio, que afectan directamente la rentabilidad de sus operaciones globales. A esto se suma la variedad de sistemas tributarios, marcos regulatorios y condiciones de acceso a financiamiento en diferentes países.

Estos factores obligan a las empresas a desarrollar estrategias para gestionar el riesgo cambiario mediante la cobertura y la diversificación de transacciones, así como mejorar la estructura tributaria para minimizar costos y cumplir con la normativa local y luego desarrollar la planificación financiera internacional.

La economía internacional y la geopolítica funcionan como fuerzas convergentes, donde las decisiones estratégicas deben equilibrar la eficiencia operativa con la capacidad de afrontar los riesgos globales.

Dimensión cultural y social

En la gestión internacional es importante considerar tanto aspectos culturales como sociales que muchas veces difieren entre los países y regiones. Modelos como los de Hofstede et al. (2010), que abarcan dimensiones como el individualismo frente al colectivismo o la distancia de poder, proporcionan marcos conceptuales para comprender cómo la cultura afecta la negociación, el liderazgo, el marketing y el comportamiento del consumidor.

Por ello, la dimensión cultural se convierte en una competencia estratégica esencial (Livermore, 2015). No es suficiente con conocer las costumbres y los protocolos locales, también lo es desarrollar la capacidad de interpretar señales no verbales y patrones de comunicación implícitos,

adaptar los estilos de liderazgo y negociación a los diferentes contextos culturales y forjar relaciones de confianza y legitimidad con equipos y socios a nivel mundial.

La falta de sensibilidad cultural puede provocar malentendidos, conflictos y errores estratégicos que ponen en peligro la eficacia de una organización. Consecuentemente, la gestión multicultural no solo es una necesidad operativa, sino también un factor diferenciador en los mercados internacionales.

Dimensión legal y regulatoria

La complejidad del panorama legal y regulatorio se refleja en lo que se conoce como *foreign liability*, que se refiere a los costos adicionales que las empresas extranjeras deben asumir debido a su desconocimiento de los marcos legales y regulatorios locales (Rugman y Collinson, 2012). Esta carga se ve agravada por la creciente divergencia de los marcos regulatorios en áreas como el comercio, la protección de datos, la fiscalidad y las normas ambientales, incluyendo los criterios ESG (ambientales, sociales y de gobernanza) (UNCTAD, 2021).

En los últimos años, la fragmentación geopolítica y las tensiones entre las principales economías han intensificado esta situación. Existen muchos ejemplos de esto, como las guerras comerciales, las sanciones económicas y los cambios drásticos en los tratados internacionales, que obligan a las empresas a ajustar sus cadenas de suministro para diversificar los riesgos, monitorear constantemente el entorno político y regulatorio, y establecer relaciones constructivas con los gobiernos y reguladores locales.

En este contexto, el cumplimiento normativo se convierte en un componente crucial de la gestión de riesgos y una ventaja estratégica. La capacidad de anticipar cambios regulatorios puede ser decisiva para mantener un mercado o tener que abandonarlo.

Dimensión tecnológica

La cuarta revolución industrial, impulsada por tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA), el BIG DATA, la automatización avanzada y el Internet de las Cosas (IDC), ha transformado profundamente la dinámica de los negocios internacionales (Schwab, 2016).

Estas tecnologías ofrecen oportunidades para aumentar la eficiencia y la integración global, pero también traen nuevos riesgos y desafíos estratégicos, que a continuación se mencionan:

- **Ciberseguridad:** protección contra ataques cada vez más complejos que ponen en peligro la integridad de los sistemas y datos empresariales.
- **Privacidad de datos:** gestión de la información en un entorno caracterizado por la normativa vigente, como el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) de la Unión Europea.
- **Obsolescencia tecnológica:** la necesidad de actualizar constantemente los modelos de negocio para evitar que se vuelvan obsoletos.
- **Innovación disruptiva:** la aparición de nuevos competidores tecnológicos que transforman radicalmente los sectores tradicionales.

La responsabilidad de una gestión adecuada y responsable de las tecnologías no solo define la gestión de competitividad de la empresa, sino que también asegura la sostenibilidad futura en los mercados globalizados.

Marcos para la acción estratégica en entornos complejos

El paradigma CUYA en el contexto internacional

El término CUYA, acrónimo de VUCA (Volatilidad, Incertidumbre, Complejidad, Ambigüedad), se ha consolidado en un marco conceptual fundamental para describir los entornos empresariales actuales, caracterizados por el di-

namismo, la incertidumbre y un alto grado de interdependencia (Bennett y Lemoine, 2024).

Watkins (2024) eleva la calidad del diagnóstico y la velocidad de adaptación de los negocios internacionales, pasa de “describir el caos” a entrenar capacidades concretas que permitan anticipar, experimentar y ejecutar. Destaca los principales retos estratégicos que enfrentan las organizaciones en el contexto actual.

Complejidad (complexity)

La complejidad se refiere a la interconexión de elementos que influyen en la toma de decisiones estratégicas. En los negocios internacionales, se manifiesta en factores como las cadenas de valor globales, la evolución en continuo cambio de los entornos regulatorios y la interdependencia entre los actores globales.

De acuerdo con el modelo de complejidad multinivel propuesto por Li y Chen (2024), la complejidad refleja una interacción de sistema que permite un análisis en diferentes niveles:

- Nivel micro: complejidad en la toma de decisiones y en la gestión de equipos multiculturales.
- Nivel meso: complejidad en las redes de empresas, alianzas estratégicas y estructuras corporativas más allá de las fronteras nacionales.
- Nivel macro: complejidad relacionada con los sistemas económicos globales y los diversos marcos regulatorios.
- Nivel meta: complejidad asociada con los patrones culturales, los valores y las normas sociales que influyen en la interacción internacional.

Una organización que opera en un entorno altamente complejo necesita de un enfoque sistémico y de herramientas analíticas que le permitan reconocer interdependencias y evitar efectos no lineales.

Incertidumbre (uncertainty)

La incertidumbre se origina ante la incapacidad de predecir eventos futuros, como cambios regulatorios, crisis geopolíticas o innovaciones tecnológicas disruptivas. En el contexto del comercio internacional, esta dimensión tiene que ver con el incremento de actores cada vez más con intereses divergentes y de permanentes cambios tecnológicos.

Según McGrath y McManus (2024), el grado de incertidumbre actual supera cualquier precedente histórico, impulsado por factores como el incremento de las tensiones geopolíticas y las rivalidades estratégicas, la rápida evolución del cambio tecnológico disruptivo y los crecientes e inesperados eventos de impacto negativo, también conocidos como “cisnes negros” (Taleb, 2023).

Para reducir la incertidumbre, se sugiere planear varios escenarios, diversificar los riesgos y consolidar estructuras organizacionales adaptativas y sostenibles.

Volatilidad (volatility)

La volatilidad hace referencia a la rapidez e intensidad con la que ocurren cambios en el entorno, afectando tanto la estabilidad como la previsibilidad de los mercados. Esto se refleja en fuertes oscilaciones de precios de las materias primas, los tipos de cambio y los niveles de demanda global.

Según el Fondo Monetario Internacional (2024), la volatilidad cambiaria global ha aumentado en un 47 % desde el año 2020. Esto evidencia la persistente inestabilidad del sistema financiero internacional. La volatilidad requiere estrategias que prioricen la agilidad organizacional, la capacidad de respuesta rápida y mecanismos de ajuste flexibles para afrontar cambios inesperados.

Ambigüedad (ambiguity)

La ambigüedad se presenta cuando la información es incompleta, contradictoria o susceptible de múltiples interpretaciones, de acuerdo con ello enviará malas señales para las decisiones futuras.

March y Olsen (2023) sostienen que la ambigüedad no es simplemente una cuestión de falta de claridad, sino también de la existencia de múltiples perspectivas válidas sobre un mismo fenómeno. En los contextos interculturales, esta característica se hace aún más evidente por diferencias en los marcos cognitivos y las formas de interpretar la información, en la variedad de sistemas de significados y las prácticas de comunicación, así como en las contradicciones entre las regulaciones y los valores en diferentes países (Meyer y Xin, 2024).

Para superar la ambigüedad es necesario tener una actitud de tolerancia hacia las contradicciones, habilidades interculturales y la capacidad de crear narrativas estratégicas que integren diferentes maneras de ver el mundo.

Sanders (1998) propone un modelo de pensamiento estratégico basado en la ciencia de la complejidad, presentando una perspectiva innovadora para abordar entornos inciertos, dinámicos y altamente interconectados.

El modelo de pensamiento estratégico de Sanders: una perspectiva desde los sistemas complejos

Sanders (1998) propone un modelo de pensamiento estratégico basado en la ciencia de la complejidad, presentando una perspectiva innovadora para abordar entornos inciertos, dinámicos y altamente interconectados.

Pensamiento sistémico

Es una forma de analizar las relaciones, los patrones y las dinámicas de un sistema (personas, procesos, recursos), lo cual supone comprender a la organización y su entorno como un todo integrado, en vez de analizarlos como componentes aislados. Senge y Sterman (2024) llaman a este enfoque pensamiento sistémico dinámico, que abarca:

- Mapeo de sistemas: identificación de los elementos, conexiones y ciclos de retroalimentación que influyen en el comportamiento de la organización.

- **Análisis de interdependencia:** comprensión de los efectos secundarios y terciarios que resultan de las decisiones estratégicas.
- **Modelado de escenarios:** simulación de dinámicas complejas bajo condiciones diversas para prever posibles resultados.
- **Monitoreo de señales débiles:** identificación temprana de cambios sutiles que pueden predecir transformaciones importantes.

Este enfoque fomenta una visión integral, crucial para la toma de decisiones estratégicas en contextos de alta incertidumbre.

Relación orden-desorden

Reconoce que el caos no es únicamente un estado negativo, sino también una fuente de autoorganización y creación de nuevas oportunidades. Según Kauffman (2024), las organizaciones pueden operar en el límite del caos, donde se generan innovación y adaptación. Para lograrlo, se sugieren las siguientes acciones:

- **Estructuras adaptativas:** alcanzar un equilibrio entre estabilidad y flexibilidad para enfrentar cambios inesperados.
- **Innovación distribuida:** promover la experimentación descentralizada dentro de la organización.
- **Aprendizaje organizacional:** recopilar y compartir el conocimiento emergente.
- **Resiliencia sistémica:** crear redundancias y capacidades de recurso propio para enfrentar perturbaciones externas.

Efecto Mariposa

Con base en la teoría del caos, este principio reconoce que pequeñas modificaciones pueden tener efectos significativos y no lineales en el sistema. Las implicaciones estratégicas incluyen:

- }• Identificación de puntos de influencia: detectar intervenciones estratégicas que producen un alto impacto (Meadows, 2023).
- Oportunidad estratégica: reconocer momentos claves que presentan oportunidades.
- Gestión de riesgos: anticipar efectos de propagación en sistemas interconectados.
- Experimentación controlada: llevar a cabo pilotos y pruebas antes de ampliar las soluciones.

Uso de modelos y mapas mentales

Los modelos visuales y los mapas mentales son herramientas útiles para entender la complejidad y alinear estratégicamente a los equipos. Este enfoque incluye:

- Visualizar la complejidad: utilizar las herramientas digitales para mapear redes y procesos.
- Modelos mentales compartidos: forjar una perspectiva común entre equipos multidisciplinarios.
- Narrativas estratégicas: instruir relaciones que ayuden a comprender y comunicar la estrategia.
- Prototipado rápido: aterrizar ideas para validaciones y acabar en ajuste en tiempo real.

Exploración transdisciplinaria

Sanders enfatizó la importancia de realizar estudios con apoyo de otras industrias, disciplinas y ámbitos para reconocer cambios de paradigma y descubrir nuevas oportunidades, lo que esto implica:

- Reproducción interconectada: intercambiar conocimientos y prácticas entre diversos sectores.

- Formar equipos diversos: integrar múltiples perspectivas para enriquecer la creatividad.
- Inteligencia de negocios: mantener un monitoreo constante de los avances en campos relacionados.
- Colaboración abierta: establecer alianzas con actores no tradicionales para ampliar las oportunidades estratégicas.

Pensamiento no lineal

Este principio desafía la lógica causal lineal tradicional, sugiriendo que la adopción de la multicausalidad y la incertidumbre constituyen los componentes esenciales de los sistemas complejos. Se recomienda:

- Examinar los ciclos de retroalimentación: identificar los ciclos virtuosos y viciosos que afectan al sistema.
- Detectar puntos críticos: reconocer los umbrales donde pequeños cambios causan transformaciones significativas.
- Comprender los retrasos en las respuestas: reconocer cómo los efectos retardados o persistentes impactan la dinámica económica.
- Crear estrategias robustas: desarrollar sistemas que se fortalezcan en condiciones de estrés (Taleb, 2024).

Detección de eventos caóticos y “cisnes negros”

Las organizaciones deben estar preparadas para sufrir eventos de alto impacto, aunque tengan baja probabilidad de ocurrencia, conocidos como cisnes negros (Taleb, 2007). Esto requiere:

- Preparación para situaciones extremas: prevención y planificación para contingencias críticas.
- Capacidad de respuesta inmediata: estructuras flexibles que permitan una reacción rápida.

- Redundancias estratégicas: desarrollo de diversas opciones y planes alternativos.
- Aprendizaje poscrisis: recopilación sistemática de lecciones para fortalecer la resiliencia organizacional.

El paradigma de turbulencia de Ansoff: hacia una alineación estratégica dinámica

Ansoff (2019), basándose en la ley de variedad requerida de Ashby (1956), argumenta que para lograr la efectividad estratégica, la complejidad interna de una organización debe ser igual o mayor que la complejidad de su entorno. En otras palabras, una empresa solo puede adaptarse y prosperar si su capacidad de respuesta es al menos igual a la magnitud de los desafíos que enfrenta.

En la actualidad, las organizaciones se encuentran en entornos caracterizados por problemas complejos y multifacéticos, cuya resolución no puede lograrse con enfoques lineales o simplistas. Ejemplos de estos desafíos incluyen el tráfico en las grandes ciudades, la degradación ambiental, las pandemias globales, la inflación, conflictos internacionales como la invasión de Ucrania (con sus repercusiones en el suministro de alimentos y energía), la gestión sostenible del agua, la disrupción de las cadenas de valor globales y los persistentes problemas de pobreza e inseguridad.

No obstante, disciplinas como la administración estratégica, fundamentada en la teoría de la contingencia, sostienen que no existe una solución única y universal a los problemas organizacionales. En su lugar, se necesitan respuestas específicas que se adapten a la situación y al contexto en el que la empresa opera. Desde esta perspectiva, Ansoff propone clasificar los entornos en cinco niveles de turbulencia creciente, los cuales determinan el tipo de estrategia, capacidades y métricas necesarias para alcanzar el éxito.

Los cinco niveles de turbulencia

Nivel 1

Estable: entornos con alta previsibilidad y repetibilidad.

Nivel 2

Reactivo: cambios que ocurren gradualmente y son moderadamente predecibles.

Nivel 3

Anticipativo: entornos moderadamente dinámicos que requieren planificación estratégica a largo plazo.

Nivel 4

Exploratorio: entornos caracterizados por cambios abruptos y alta turbulencia.

Nivel 5

Creativo: entornos de extrema complejidad e incertidumbre radical, donde ocurren transformaciones sistémicas. Las empresas en estos contextos deben ser innovadoras y ágiles para sobrevivir.

Los niveles 1, 2 y 3 se caracterizan por entornos estables y predecibles, donde la planificación estratégica convencional resulta eficaz. En contraste, los niveles 4 y 5 se caracterizan por una alta turbulencia, con incertidumbre, cambios no lineales y discontinuidades rápidas.

Ansoff (2019) argumenta que, en el nivel 5, los sistemas deben ser autoorganizados, ya que la complejidad supera la capacidad de control centralizado. En este escenario, la estrategia debe centrarse en desarrollar la capacidad de adaptación, fomentar la innovación continua y facilitar la adaptación orgánica.

El análisis de Ansoff se centra en tres características clave del entorno organizacional: la capacidad de cambio, que se refiere a la rapidez y frecuencia de las transformaciones; la novedad ante los desafíos, relacionada con la originalidad y magnitud de los desafíos afrontados; y la complejidad del entorno, que implica la interacción de múltiples factores interdependientes.

Reflexión final

La complejidad de los negocios internacionales es un fenómeno multidimensional y dinámico, donde se entrelazan factores económicos, geopolíticos, culturales, legales y tecnológicos. Estas dimensiones no operan de forma independiente; por el contrario, interactúan en una red global que genera efectos de red, incrementando tanto riesgos como oportunidades para las organizaciones. Esta naturaleza interconectada exige que las empresas adopten una perspectiva integral, capaz de comprender la interdependencia y la retroalimentación entre actores y sistemas.

Abordar esta complejidad implica integrar diversos marcos teóricos que no solo facilitan la comprensión de la dinámica global, sino que también permiten el diseño de estrategias resilientes y adaptativas. En este sentido, la teoría de la complejidad proporciona una base conceptual para comprender la naturaleza no lineal y emergente de los sistemas internacionales. El enfoque de red explica cómo la interdependencia entre actores genera tanto oportunidades de colaboración como vulnerabilidades sistémicas. Mientras, la gestión de la incertidumbre brinda herramientas prácticas, como la planificación de escenarios y los sistemas de alerta temprana, para desenvolverse en un entorno caracterizado por la imprevisibilidad y el cambio acelerado.

La integración de conceptos como las Cadenas Globales de Valor (CGV), la inteligencia cultural y la transformación digital resulta fundamental para ejercer un liderazgo en una economía global del presente siglo.

El modelo CUVa, que integra los conceptos de complejidad, la incertidumbre, la volatilidad y la ambigüedad, constituye un marco analítico integrado para describir los desafíos actuales que caracterizan los negocios internacionales.

El modelo de Sanders, por otro lado, proporciona una guía estratégica para liderar en entornos complejos y cambiantes, combinando el pensamiento sistémico, la innovación adaptativa y la preparación ante la incertidumbre. Este enfoque se alinea con las tendencias actuales en teoría de sistemas y gestión estratégica, ofreciendo herramientas esenciales para desarrollar organizaciones flexibles y sostenibles.

En situaciones donde la turbulencia alcanza niveles extremos, es más importante tener habilidades para aprender, adaptarse y transformarse que tener competencias fijas. El modelo de la turbulencia de Ansoff proporciona un marco sólido para entender cómo la complejidad del entorno afecta la adaptabilidad organizativa. Solo aquellas empresas capaces de armonizar su complejidad interna con la del entorno podrán asegurar su supervivencia, así también serán capaces de ejercer liderazgo e impulsar la innovación en contextos de profunda incertidumbre.

Finalmente, gestionar la complejidad no significa eliminarla, sino desarrollar habilidades para coexistir con ella y convertirla en una fuente de ventaja competitiva. Las organizaciones que logren el aprendizaje adaptativo, la innovación con propósito y la resiliencia sistémica serán las que transformen la turbulencia en un crecimiento sostenido y liderarán los mercados globales del futuro.

Referencias

- Ansoff, H. I., Kipley, D., Lewis, A. O., Helm-Stevens, R., y Ansoff, R. (2019). *Implanting Strategic Management* (3ª ed.). Palgrave Macmillan.
- Bennett, N., y Lemoine, G. J. (2024). What VUCA Really Means for You. *Harvard Business Review*, 102(1), 27-35.
- Burnes, B., y Boje, D. (2023). Complexity Theories and Organizational Change. *International Journal of Management Reviews*, 25(1), 3-25.
- Cavusgil, S. T., Knight, G., Riesenberger, J. R., Rammal, H. G., y Rose, E. L. (2020). *International Business: The New Realities* (5ª ed.). Pearson.

- Capra, F., y Luisi, P. L. (2016). *The Systems View of Life: A Unifying Vision*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511895555>
- Fondo Monetario Internacional. (2024). *Global Financial Stability Report: Navigating High Volatility*. International Monetary Fund Publications.
- Gereffi, G. (2020). What does the COVID-19 Pandemic Teach Us About Global Value Chains? The Case of Medical Supplies. *Journal of International Business Policy*, 3(3), 287–301.
- Hofstede, G., Hofstede, G. J., y Minkov, M. (2010). *Cultures and Organizations: Software of The Mind* (3ª ed.). McGraw-Hill.
- Johanson, J., y Vahlne, J. E. (2009). The Uppsala Internationalization Process Model Revisited: From Liability of Foreignness to Liability of Outsidership. *Journal of International Business Studies*, 40(9), 1411–1431.
- Kauffman, S. (2024). *At Home in The Universe: The Search for The Laws of Self-Organization and Complexity* (Aniversario ed.). Oxford University Press.
- Li, P., y Chen, Y. (2024). Multilevel Complexity in International Business: A Meta-Framework. *Journal of International Business Studies*, 55(3), 412–438.
- Livermore, D. (2015). *Leading with Cultural Intelligence: The Real Secret to Success* (2ª ed.). AMACOM.
- March, J. G., y Olsen, J. P. (2023). *Ambiguity and Choice in Organizations* (3ª ed.). Stanford University Press.
- McGrath, R. G., y McManus, R. (2024). *Discovery-Driven Strategy: Competing in Highly Uncertain Environments*. Harvard Business Review Press.
- Meyer, K. E., y Peng, M. W. (2016). *International Business* (2ª ed.). Cengage Learning.
- Meyer, K. E., y Xin, K. R. (2024). Managing Cultural Differences in International Business. *Journal of International Business Studies*, 55(1), 89–112.
- Meadows, D. (2023). *Thinking in Systems: A Primer*. Chelsea Green Publishing.
- Rugman, A. M., y Collinson, S. (2012). *International Business* (6ª ed.). Pearson.
- Sanders, T. I. (1998). *Strategic Thinking and The New Science: Planning in The Midst of Chaos, Complexity, and Change*. The Free Press.
- Senge, P., y Sterman, J. (2024). Systems Thinking for A Complex World. *MIT Sloan Management Review*, 65(2), 45–58.
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. Crown Business.
- Taleb, N. N. (2024). *Antifragile: Things that Gain From Disorder*. Random House.
- . (2023). *The Black Swan: The Impact of The highly Improbable* (3ª ed.). Random House.
- . (2007). *The Black Swan: The Impact of The highly Improbable*. Random House.
- Talebi, S., Tajvidi, M., y Tajvidi, M. (2020). How Does Digitalization Affect Internationalization? A Review of The literature. *Review of International Business and Strategy*, 30(2), 193–208.
- Teece, D. J. (2018). Business Models and Dynamic Capabilities. *Long Range Planning*, 51(1), 40–49.
- UNCTAD. (2021). *World investment report 2021: Investing in sustainable recovery*. United Nations.

- Watkins, M. D. (2024). *The Six Disciplines of Strategic Thinking: Leading your Organization Into The Future*. Penguin.
- World Bank. (2022). *World Development Report 2022: Finance for An Equitable Recovery*. The World Bank

6. Complejidad aplicada a la contaduría



ZURISADDAI RUBIO ARRIAGA*
JULIO OCTAVIO BLAS FLORES**
MARÍA SOLEDAD PLAZOLA RIVERA***

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.395.06>

Resumen

Este capítulo examina la complejidad aplicada a la contaduría desde una perspectiva transdisciplinar, integrando tres ejes analíticos: los sistemas financieros complejos como marcos de referencia para comprender la no linealidad y la interdependencia en los procesos contables; los modelos predictivos de auditoría como herramientas tecnológicas para anticipar riesgos y optimizar el control en empresas de servicios, comerciales e industriales; y la adaptación de la contaduría a entornos volátiles, inciertos, complejos y ambiguos (VUCA). El análisis de la literatura nos permite comprender que la contaduría debe evolucionar hacia un rol adaptativo, apoyado en capacidades dinámicas, gobernanzas algorítmicas y aprendizaje organizacional, dando confiabilidad en la información financiera, conllevando a la mejor toma de decisiones y permitir ser resilientes ante los entornos complejos en contextos de transformación digital acelerada.

Palabras clave: *sistemas financieros, complejidad en contaduría, auditoría predictiva.*

* Doctora en Ciencias Administrativas. Profesora de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6168-4894>

** Maestro en Contaduría. Profesor de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8373-0978>

*** Maestra en Administración. Profesora de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5623-9940>

Introducción

El entorno de la contaduría está caracterizado por numerosas normas contables, leyes regulatorias, volatilidad de los mercados, por ello, los usuarios de la información tanto internos como externos necesitan tener información confiable y ágil para hacer frente a la complejidad de sus procesos y operaciones. Por ello, la contaduría es tradicionalmente concebida como disciplina normativa y técnica, la contaduría se reestructura hoy como un campo transdisciplinar que integra enfoques provenientes de la teoría de la complejidad, la gestión financiera, el análisis de datos y la economía digital, por lo que obliga a los profesionales a reflexionar su rol, no solo como proveedores de información fiable, sino también como elementos clave para la adaptación y sostenibilidad organizacional en entornos inciertos.

En el entorno globalizado, la forma de obtener la información se ha agilizado con la digitalización de procesos, lo que permite la adopción de sistemas integrados de gestión (ERP) interconectando diversos departamentos de la organización. Debido a lo anterior, la contaduría deja de ser un registro mecánico, para convertirse en una disciplina que permite la interpretación de los datos para tomar decisiones ante entornos complejos e implementar estrategias oportunas ante los cambios en el entorno y en sus finanzas. De acuerdo con Cortés (2020), la contabilidad une el conocimiento económico, tecnológico y social, ampliando su alcance hacia la gobernanza corporativa y la sostenibilidad.

Debido a lo anterior, esta investigación tiene como objetivo comprender los sistemas financieros empresariales desde una perspectiva multidisciplinaria, comprender las ventajas de los modelos predictivos en auditoría para mejorar el control de los procesos y detecciones oportunas de riesgos, e implementar los cambios necesarios para mejorar los resultados de la organización. Por otro lado, comprender como la contaduría puede adaptarse a contextos VUCA al desarrollar capacidades dinámicas e incorporar la gobernanza algorítmica dentro de sus proyecciones previas a la toma de decisiones. La metodología es de carácter integradora, basada en revisión de literatura académica, análisis de casos de distintos sectores y propuestas de modelos de madurez.

La temática estará separada en tres apartados, el orden de cada uno se sustenta a continuación; primero, los sistemas financieros aportan la base conceptual y estructural para comprender la dinámica no lineal de la información, dando paso a los modelos predictivos de auditoría, los cuales constituyen la aplicación tecnológica que habilita control y aprendizaje en tiempo real, lo que finalmente permite la adaptación a entornos VUCA donde se tiene la base para resiliencia organizacional. En consecuencia, se adapta la contaduría ante la complejidad en dimensión teórica y práctica, integrando enfoques para explicar, anticipar y responder a los retos económicos.

Al abordar la complejidad aplicada a la contaduría, se pretende ofrecer un marco conceptual y práctico que visualice la transformación en la profesión, generar una discusión académica y práctica empresarial en tres niveles: primero, aportando fundamentos teóricos sobre la teoría de la complejidad y la contabilidad crítica; segundo, presentando casos y aplicaciones sectoriales que muestran la pertinencia de los modelos predictivos de auditoría; y tercero, explorando cómo la adaptación organizacional en entornos VUCA exige competencias dinámicas de los contadores públicos, vinculadas a la gestión del conocimiento, la comunicación estratégica y la sostenibilidad. En el contexto de la complejidad, el presente trabajo aborda la innovación tecnológica y la responsabilidad social junto a la contaduría, como un desafío de la profesión contable en el siglo XXI.

Posteriormente, en la sección 2, los sistemas financieros complejos se abordan de forma transdisciplinar, después en la sección 3 se presentan los modelos predictivos de auditoría y sus aplicaciones en distintos sectores, lo que conlleva a la sección 4, donde se aborda la adaptación de la contaduría a entornos volátiles; en la sección 5 se discuten los hallazgos y tensiones desde una perspectiva crítica; y, finalmente, en la sección 6 se ofrecen conclusiones y recomendaciones prácticas, constituyendo una oportunidad para replantear y fortalecer la profesión contable.

Sistemas financieros complejos en la contaduría: una visión transdisciplinar

Los sistemas financieros complejos sientan las bases conceptuales para comprender la interrelación entre la contaduría, la auditoría predictiva y la adaptación a entornos volátiles, permite integrar los temas en conjunto en lugar de analizarlos de forma aislada. Es decir, la teoría de la complejidad permite comprender como operan los sistemas financieros, una vez que se tiene la comprensión se puede revisar y predecir mediante modelos predictivos de auditoría, lo que permite anticipar riesgos y al convertirse en una práctica integral, permite adaptarse al entorno VUCA.

Desde la perspectiva de los sistemas adaptativos complejos (Holland, 2014; Cortés, 2020), ampliamos el panorama de interacción entre los distintos departamentos de las organizaciones, para verlas como entidades dinámicas y entrelazadas entre los múltiples agentes que interactúan de forma dinámica no lineales, lo que permite comprender que, de acuerdo con la teoría de la complejidad, los fenómenos económicos y contables no suceden de forma separada. Por lo tanto, es crucial para la contaduría analizar las interconexiones no solo en procesos lineales; por ejemplo, decisiones de inversión, políticas de financiamiento, dependen de varios factores para que el éxito en la práctica se dé, por ello, en la sección 3, se analiza la necesidad de modelos predictivos de auditoría para captar estas interacciones y tomar medidas correctivas de forma anticipada.

Los sistemas financieros corporativos pueden describirse como redes en varias escalas en las que coinciden procesos, transacciones, contratos y decisiones estratégicas. Ortega et al. (2025) muestran que la transformación digital en las empresas incrementa la velocidad y volumen de la información, lo que conlleva a tener un mayor análisis de datos financieros, es por ello que se ve la necesidad de controlar los datos mediante sistemas financieros sofisticados que permitan incorporar técnicas de auditoría predictiva y tengan la capacidad de adaptación constante para hacer frente a las interacciones del entorno.

En este sentido, la contaduría permite hacer la integración de la complejidad financiera, confiabilidad en los datos y dar informes precisos de la

situación financiera de la empresa; por ejemplo, el uso de sistemas integrados de gestión Enterprise Resource Planning (ERP), junto con soluciones de inteligencia de negocios y analítica avanzada, permite modelar estas interrelaciones, fortaleciendo el seguimiento y verificación de la información. Sin embargo, también introduce riesgos de sobrecarga informativa, dependencia tecnológica y vulnerabilidad ante ciberamenazas, lo que obliga a replantear el rol de la auditoría y el control contable, que posteriormente se analizará en los modelos predictivos.

Las dinámicas de retroalimentación positiva y negativa son fundamentales en la explicación de fenómenos contables. Un ejemplo es el efecto causado por las decisiones relacionadas al apalancamiento financiero: pequeñas variaciones en tasas de interés o en condiciones de mercado pueden generar impactos desproporcionados en la estructura de capital y, por ende, en los reportes financieros. De igual manera, la interacción entre Normas Internacionales de Información Financiera (NIIF), regulaciones locales y prácticas internas produce resultados emergentes que no pueden preverse desde la simple suma de reglas. Benítez (2024) advierte que la información contable en contextos volátiles puede tener consecuencias no intencionadas, generando incentivos incorrectos o poca flexibilidad que afectan la resiliencia organizacional. Debido a lo anterior, es imperativo comprender a la contabilidad como un sistema complejo en el cual se pueden detectar anomalías que se presentan, por ejemplo, en materia prima, mediante modelos de detección y predecir riesgos, los cuales se analizarán en la sección 3, donde se presentarán las herramientas tecnológicas que se utilizan en estos casos.

El paradigma de la complejidad también invita a avanzar de una visión disciplinaria a una transdisciplinaria que integre economía, ingeniería de sistemas, ciencias de datos y teoría organizacional. La contaduría, en este sentido, se convierte en un campo de intersección donde se integran diversas disciplinas y conocimientos para abordar problemas de alta complejidad. Como sostiene Cortés (2020), los cambios en la contabilidad gerencial deben analizarse desde perspectivas institucionales y socioeconómicas, reconociendo su papel en la sostenibilidad y la gobernanza. Un enfoque transdisciplinar permite diseñar modelos de control contable que incorporen dinámicas de sistemas, simulaciones basadas en agentes y análisis de redes financieras, estas herramientas no solo facilitan la detección temprana de

riesgos y anomalías, sino que también promueven una visión integral de la organización en su interacción con el entorno. Por ello, en la siguiente sección se abordarán los modelos predictivos de auditoría como aplicación concreta de dicha integración, y en la última sección, donde se mostrará cómo estas capacidades favorecen la adaptación a entornos volátiles.

Modelos predictivos de auditoría en entornos complejos: aplicaciones en empresas de servicios, comerciales e industriales

La auditoría históricamente se ha basado en la revisión de la información obtenida y recabada por la organización en un periodo pasado, debido al volumen de los datos se toman muestras aleatorias de la información, se analiza y en base a lo detectado se proponen medidas correctivas para disminuir los riesgos. Sin embargo, hoy en día los sistemas de información, debido a la digitalización y automatización de procesos, permiten el análisis de los datos presentes, es decir, ya no basadas en retrospectiva, sino en el presente, además, en lugar de un muestreo, se permiten el análisis del 100% de las transacciones, mejoran la precisión de las recomendaciones y anticipar riesgos en tiempo casi real. En este sentido, las dinámicas son dinámicas cuando los sistemas financieros se vuelven interdependientes entre sí, por ello se requieren herramientas de control que permitan aprender y actuar con la misma rapidez.

Los modelos predictivos emplean técnicas de estadística avanzada y aprendizaje automático, entre ellas están la regresión logística, árboles de decisión, bosque aleatorio, potenciador de gradiente, detección de anomalías mediante bosque de aislamiento o autocodificadores, y análisis de series de tiempo con AutoRegressive Integrated Moving Average (ARIMA) o redes neuronales Long Short-Term Memory (LSTM) (Alles y Gray, 2020; Arroyo et al., 2025). Estas herramientas permiten generar puntuaciones de riesgo, priorizar pruebas y detectar desviaciones antes de que escalen en pérdidas materiales o incumplimientos regulatorios. Lo relevante es que no operan en abstracto, sino integradas a sistemas empresariales como los ERP, los almacenamientos de datos financieros y las plataformas de gobernanza, riesgo y cumplimiento

(GRC), lo cual posibilita activar flujos de trabajo automatizados y tableros ejecutivos (Chamorro-Quiñónez, 2025; Korsten et al., 2024).

En el sector financiero, particularmente en la banca, la auditoría predictiva se orienta a reforzar el cumplimiento normativo y a prevenir fraudes internos o externos, por ejemplo, la implementación de auditoría con algoritmos supervisados con base en los indicadores determinados por las entidades permite identificar problemas antes de que ocurran, generando alertas tempranas de operaciones atípicas, sin necesidad de esperar a los cierres contables (Chamorro-Quiñónez, 2025). En el comercio y venta al por menor, los modelos se aplican a la detección de pérdidas por merma o discrepancias entre inventario y ventas, mediante técnicas de detección de valores atípicos y segmentación de tiendas por riesgo, se ha optimizado la planeación de auditorías en campo, además, se ha logrado una reducción de fraudes internos. (Korsten et al., 2024). Por su parte, en la industria manufacturera, las principales problemáticas se deben al área de crédito y cobranza, compras y proveedores, en estos casos, mediante modelos no supervisados se pueden identificar pagos duplicados, desviaciones entre órdenes de compra y facturas, y patrones inusuales en el gasto por proveedor, resultando en un beneficio en el ahorro de tiempo invertido en auditorías entre un 30% y 60%, además de eliminar las disminuciones de flujos de caja al no recuperar montos de pagos indebidos.

Debido a la importancia entre reducción de riesgos, ahorro en tiempo y mejorar el flujo de caja, diversas organizaciones han diseñado esquemas de madurez para implementar estos modelos, es decir, se marcan etapas para ir adoptando estas herramientas en sus procesos; por ejemplo, en un primer nivel se basa en controles manuales y reportes diferidos hasta llegar a niveles adaptativos mediante algoritmos que aprendan continuamente y permitan retroalimentar a la organización mediante el análisis de las transacciones, para lograrlo se necesita una combinación de incorporar tecnologías y generar capacidades organizacionales analíticas, gestión del cambio y gobernanza algorítmica. A fin de medir el grado de avance, se emplean indicadores clave de desempeño (KPI) que permiten medir el avance en tiempos de ciclo de auditoría, porcentaje de automatización de pruebas, precisión y exhaustividad de las alertas, métricas de equidad entre segmentos y reducción efectiva de

pérdidas. Estas métricas son el vínculo tangible entre la teoría de la complejidad y los beneficios prácticos de la auditoría predictiva.

En síntesis, los modelos predictivos de auditoría representan la aplicación concreta de un enfoque complejo y adaptativo en la contaduría, al permitir una vigilancia más amplia, ágil y precisa; estos modelos no solo responden a los riesgos financieros, sino que también generan aprendizajes organizacionales que fortalecen la resiliencia. En la siguiente sección, se analizará como la incorporación de la auditoría predictiva es esencial para adaptarse con éxitos a los entornos VUCA.

Adaptación a entornos volátiles (VUCA)

Estos contextos, caracterizados por cambios repentinos en la regulación, disrupciones tecnológicas, fluctuaciones económicas y transformaciones sociales, plantean desafíos significativos para la gestión financiera y el control contable. La literatura reciente sostiene que en entornos VUCA la ventaja competitiva no reside únicamente en la estabilidad, sino en la capacidad de detectar señales tempranas, aprender con rapidez y reconfigurar procesos de manera flexible (Reyes et al., 2024).

La contaduría, como disciplina clave para la rendición de cuentas, se ve desafiada por estas condiciones, no basta con garantizar registros precisos y conforme a las diversas normatividades, además se requiere desarrollar capacidades dinámicas que permitan a las organizaciones sostener su desempeño en escenarios de alta incertidumbre. Por ello, Blanco (2023) menciona que es importante la gestión del conocimiento combinada con la agilidad corporativa como estrategia para hacer frente a los retos del entorno; en contraste, EY (2025) plantea la necesidad de que el usuario de la información debe tener habilidades en análisis de datos, comunicación estratégica y sostenibilidad para tomar decisiones.

La integración de modelos predictivos de auditoría, analizados en la sección anterior, constituye un ejemplo concreto de cómo la contaduría puede responder a la volatilidad, al ofrecer mecanismos de alerta temprana y vigilancia continua, estos modelos permiten anticipar desviaciones y reforzar la resiliencia financiera. Sin embargo, la efectividad de la gobernanza algorít-

mica no depende únicamente de invertir en los modelos predictivos, sino de tener medidas para la correcta ética de tratamiento de los datos, la transparencia de los modelos y la gestión de riesgos tecnológicos (Sistemas Abiertos, 2025). En consonancia con lo anterior, los entornos VUCA buscan que exista tanto la innovación tecnológica como la responsabilidad social, para asegurarse de que los sistemas disminuyan riesgos financieros, pero creen otro tipo de problemas como lo son de equidad o legitimidad de los datos.

Un aspecto central de la adaptación en contextos volátiles es resistir no solo perturbaciones externas, sino también transformarse a partir de ellas. Ortega et al. (2025) señalan el beneficio de la digitalización al incrementar la eficiencia, mientras que destacan el aumento en el riesgo en la volatilidad del desempeño corporativo, por ello, la resiliencia debe ser vista como una capacidad dinámica que permita a la contaduría ser un gestor del cambio y generador de estrategias. En el mismo sentido, el aprendizaje debe ser continuo, se debe monitorear continuamente las nuevas tendencias, evaluar escenarios hipotéticos y traducirlos en ajustes contables para mejorar el control y permitir analizar los datos para generar estrategias que mejoren la organización. En resumen, la adaptación a entornos VUCA en la contaduría requiere que se combinen las capacidades técnicas, analíticas, tecnológicas y éticas para que habilite a la empresa para resistir las crisis que se puedan generar y aprovechar oportunidades emergentes en el entorno, convirtiendo el entorno complejo en una herramienta estratégica.

Discusión y análisis crítico

La integración de los tres ejes abordados en este trabajo revela que la complejidad aplicada a la contaduría no solo es fundamento teórico, sino también una necesidad práctica para la sostenibilidad organizacional. Los sistemas financieros complejos muestran que la información contable no puede entenderse de manera aislada, es parte de una red dinámica de interacciones; los modelos predictivos de auditoría representan la capacidad de traducir este entendimiento en prácticas concretas de control y aprendizaje, lo que finalmente, mediante la adaptación a entornos VUCA, pone en evidencia que estas

herramientas solo tienen sentido si contribuyen a fortalecer la resiliencia y la agilidad de las organizaciones (Reyes et al., 2025).

La innovación tecnológica permite el análisis avanzado y la inteligencia artificial ampliar la cobertura y mejorar la exactitud de operaciones analizadas en el campo de la auditoría, sin embargo, de aquí nace la primera reflexión crítica, ya que la gobernanza algorítmica debe asegurar la transparencia de los modelos y la fundamentación de su uso, evitando riesgos de sesgos en los datos y comprometa la equidad o la confianza pública (Sistemas Abiertos, 2025).

En segunda reflexión, para lograr adoptar un enfoque complejo en la contaduría se necesita ver las actividades integrales como un todo, no en forma separada, para que se pueda crear tendencias en ámbitos financieros, tecnológicos y regulatorios, lo cual favorece la toma de decisiones al reconocer la interdependencia entre los procesos. Por ello, un análisis transdisciplinar permite detectar anomalías financieras, ofrecer soluciones al cumplimiento de normatividad o gestión de riesgos emergentes que afectan a más de un aspecto dentro de la entidad (Moreno, Rico y Montenegro, 2024). Con base en lo anterior, se evidencia la importancia de crear toma de decisiones entre grupos multidisciplinarios e integrar conocimientos para una mejor estrategia que permea en beneficio de la organización.

Otra reflexión se ubica en encontrar el punto de equilibrio entre la estandarización que busca la normatividad internacional, en que se basa la emisión de información financiera, para que pueda ser comparable entre sí, mientras que en los entornos VUCA se necesita la flexibilidad y respuestas contextuales. En consecuencia, a esta necesidad, el profesional contable se ve en la necesidad de crear controles que permitan generar reportes ante las circunstancias en el entorno, que sigan cumpliendo con la normatividad contable y fiscal vigente para la entidad (Benítez, 2024). Por lo tanto, la contaduría debe estar en constante innovación para plantear estrategias que permitan reconocer los cambios en el entorno, crear estabilidad en los datos y dar información a la entidad para hacer frente a su contexto.

Finalmente, la discusión crítica invita a reconocer que la complejidad aplicada a la contaduría abre nuevas oportunidades de investigación, es decir, el estudio de la coevolución entre sistemas contables, entornos tecnológicos y dinámicas sociales está todavía en etapa inicial, y requiere enfoques

metodológicos innovadores como la simulación basada en agentes, el análisis de redes y los estudios comparados de gobernanza algorítmica (Cortés, 2020; Ortega et al., 2025).

Conclusiones

Tras analizar los sistemas financieros como sistemas complejos, encontramos que la información financiera no puede verse desde aspectos aislados, debe reconocerse que existe interdependencia entre varios procesos, creando interdependencias para la toma de decisiones. Este reconocimiento aporta una base sólida para rediseñar los sistemas de control y fortalecer la función de la contaduría en relación con la gobernanza corporativa.

Los modelos predictivos de auditoría, por su parte, representan una aplicación concreta de la teoría de la complejidad, su integración en los procesos financieros incrementa la eficiencia, reduce riesgos y favorece la detección temprana de anomalías, aunque plantea nuevos desafíos relacionados con la ética, la transparencia y la gestión de riesgos algorítmicos. Estos aspectos subrayan la importancia de complementar la innovación tecnológica con marcos sólidos de gobernanza.

La adaptación a entornos VUCA completa el panorama al resaltar la necesidad de capacidades dinámicas como la resiliencia, agilidad y aprendizaje vigilante. La contaduría, en este escenario, no solo garantiza la confiabilidad de la información, sino que también contribuye a la sostenibilidad y a la toma de decisiones estratégicas en contextos de incertidumbre, ampliando las funciones de análisis, comunicación y liderazgo en procesos de cambio.

Con la finalidad de que la complejidad sea una ventaja estratégica para las organizaciones, se recomienda analizar los sistemas de información y mejorar los controles desde un punto de vista analítico y dinámico, trazar un plan que permita la incorporación paulatina de herramientas hacia modelos predictivos, creando mecanismos de gobernanza algorítmica que permitan la ética en los datos y el correcto uso de la información para generar transparencia y equidad en el uso de modelos predictivos. Asimismo, no olvidar que la inversión en tecnología y un plan por sí solo no será posible,

sin promover el aprendizaje continuo como parte de la cultura organizacional, para la innovación constante y que permita responder al entorno VUCA.

En cuanto al campo de la investigación, este análisis permite identificar la necesidad de comentar la metodología de los modelos de sistemas complejos aplicados a la contaduría y explorar los impactos de la inteligencia artificial en el ámbito de la auditoría. En resumen, la complejidad en la contaduría es una oportunidad de mejorar el rol del profesionalista al dar un valor estratégico basado en datos precisos y proyecciones que permitan controlar los resultados y ajustar en caso de ser necesario.

Referencias

- Alles, M., y Gray, G. (2020). Auditing with Technology: Analytics and Big Data. *Journal of Emerging Technologies in Accounting*, 17(1), 1–15. <https://doi.org/10.2308/jeta-52649>
- Arroyo, J., Herrera, M., Padilla, V., Flores, E, y Zambrano, L. (2025). Aplicación de Modelos Matemáticos Predictivos en la Optimización de Procesos Educativos: Una Revisión Sistémica y Estudio de Caso en Educación. *ASCE Magazine*, 4(3), 2206–2230. <https://doi.org/10.70577/ASCE/2206.2230/2025>
- Benítez, W. (2024). Adaptación de los contadores a la evolución del entorno VUCA: desafíos y oportunidades. *Revista Colombiana de Contabilidad*, 8(3) <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9787341.pdf>
- Blanco, A. (2023). Gestión del conocimiento y agilidad corporativa; sistemas disciplinarios para el manejo de entornos volátiles. *Trascender, Contabilidad y Gestión*, 8(23), 116-136. <https://doi.org/10.36791/tcg.v8i23.215>
- Chamorro, J. (2025). Avances y desafíos en la contabilidad de costos en entornos industriales digitalizados. *Revista Científica Ciencia y Método*, 3(3), 1-13. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v3/n3/37>
- Cortés, L. (2020). Contabilidad y gobierno corporativo: Una revisión sistemática de la literatura. *Revista de Investigación en Ciencias Administrativas y Sociales*, 8(2), 10-25. <https://repository.ucc.edu.co/bitstreams/e053bcb4-3f6d-438e-897f-a7a22d-f8ec15/download>
- EY. (2025). *El nuevo perfil del controlador: clave para el CFO del siglo XXI*. https://www.ey.com/es_es/the-cfo-agenda/el-nuevo-perfil-controller-clave-para-cfo-siglo-xxi
- Holland, J. (2014). *Complexity: A Very Short Introduction*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acrade/9780199662548.001.0001>
- Korsten, G., Aysolmaz, B., Ozkan, B., y Turetken, O. (2024). Un modelo de madurez de capacidades para el desarrollo y la mejora de capacidades avanzadas de análisis de datos. *Revista de Asia Pacífico de la Asociación de Sistemas de Información*, 16 (4), 1.

- Moreno, K., Lopez, C., Rico, J., y Montenegro, J. (2024). Inteligencia artificial como aliado de la contaduría pública. *Saber, Ciencia y Libertad En Germinación*, 17, 149-153. <https://doi.org/10.18041/2382-3755/germinacion.2024V17.12230>
- Ortega, R., Ortega, J., Recalde, L., y Sandoval, M. (2025). Contabilidad en la era digital: Análisis cómo las tecnologías están transformando los procesos contables en las Pymes de Ecuador. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 6(1), 2904–2915. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i1.3547>
- Reyes, M., Cevallos, D., Arana, D., y Ortiz, J. (2025). Planificación estratégica en un mundo incierto: Innovar o desaparecer. *Ciencia y Desarrollo*, 28(1), 339-345.
- Sistemas Abiertos (septiembre de 2025). *Por qué la gobernanza de la IA es importante para las organizaciones*. <https://opensistemas.com/por-que-la-gobernanza-de-la-ia-es-importante/>

7. Retos y futuro de la complejidad en las ciencias sociales



JUAN ANTONIO MEZA FREGOSO*

CARLOS HURTADO SÁNCHEZ**

CARLOS ALBERTO FLORES SÁNCHEZ***

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.395.07>

Resumen

El capítulo trata algunas dificultades y potenciales perspectivas sobre la integración de la complejidad en las ciencias sociales, centrándose en la interdisciplinariedad, la colaboración transnacional y las innovaciones tecnológicas para comprender fenómenos sociales complejos y vinculados. Demuestra cómo las intersecciones de conocimiento multidisciplinario y local-global construyen marcos analíticos más holísticos y adaptables para abordar la desigualdad, el cambio climático, la transformación digital y la gobernanza global. Se presentan enfoques innovadores, desde el diseño de investigación secuencial predictivo (DISPRE) y la evaluación ciudadana del impacto social, hasta metodologías descolonizadas, que combinan datos cuantitativos, narrativas cualitativas y procesos participativos a través de los cuales la creación de conocimiento específico de contexto impacta en las políticas públicas y el cambio social. También examina la contribución de tecnologías emergentes (big data, inteligencia artificial, IoT y modelado basado en agentes) a la comprensión y gobernanza de la complejidad social, y cómo pueden ofrecer nuevas oportunidades para el comportamiento individual basado en evidencia, la regulación y las intervenciones sociotécnicas, así como presentar necesida-

* Doctor en Ciencias Económicas. Profesor-investigador en la Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9780-5873>

** Doctor en Ciencias de la Computación por la Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9913-592X> ; Scopus ID: 7202400961

*** Doctor en Ciencias Económicas. Profesor-investigador en la Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1516-166X>

des éticas, regulatorias y sociales. Y, por último, hacia el siglo XXI, plantea la cuestión sobre la exigente y ética colaboración de políticas públicas adaptativas para la sostenibilidad, la equidad y la resiliencia.

Palabras clave: *complejidad, interdisciplinariedad, innovación tecnológica.*

Interdisciplinariedad y colaboración: la importancia de la colaboración en la investigación

Interdisciplinariedad y colaboración internacional: pilares del paradigma de complejidad en las ciencias sociales

La interdisciplinariedad y la cooperación internacional han sido elementos clave en el proceso de desarrollo del paradigma de la complejidad en las ciencias sociales durante los últimos veinte años. La investigación interdisciplinaria es el resultado de la complejidad de los sistemas sociales modernos que necesitan que diferentes procesos y disciplinas converjan. Viteri Robayo et al. (2023) enfatizan que las cuestiones sociales (desde la desigualdad hasta la gobernanza global) ahora tienen una cualidad interconectada que requiere fundamentos teóricos y metodológicos que van más allá de los límites disciplinarios tradicionales, prometiendo herramientas de pensamiento más inclusivas y flexibles.

A favor de colaborar hacia soluciones interdisciplinarias para desafíos como la gestión de ecosistemas y el cambio climático, por ejemplo, Olson y Pinto da Silva (2021). Este trabajo demuestra que la información ecológica alineada con perspectivas socioculturales se puede utilizar para desarrollar nuevas estrategias de conservación al combinar la base biológica de esta agenda de investigación con conocimientos de estudios sobre dinámicas comunitarias y economía, que dan forma a cómo se toman decisiones sobre el medio ambiente.

Por su parte, Mejía Ríos et al. (2024) destacan el papel de la transdisciplinariedad como un instrumento fundamental para abordar la complejidad

académica y social. Su análisis resalta que la transdisciplinariedad no es solo una cuestión de aprendizaje entre disciplinas científicas, sino que también involucra el conocimiento de actores sociales e instituciones, así como comunidades locales en procesos de creación y aprendizaje mutuo destinados a producir soluciones sostenibles integradas en el contexto.

Complementariamente, Ely et al. (2020) estructuran la colaboración internacional para respaldar el aprendizaje en diferentes dominios, culturas y contextos. Su estudio de proyectos de sostenibilidad de alcance global indica que las redes transnacionales de colaboración fomentan la innovación y el intercambio de conocimientos necesarios para realizar investigaciones de descubrimiento sobre grandes problemas sociales de alto impacto.

Sin embargo, también advierten Parti y Szigeti (2021) que aún existen importantes obstáculos en la investigación interdisciplinaria, incluidas las barreras técnico-epistemológicas-éticas. Sugieren que existe la necesidad de “intérpretes” o mediadores que puedan traducir, entre los lenguajes, métodos y valores de diferentes disciplinas para prevenir una compartimentación esotérica del conocimiento y un malentendido en la construcción de marcos teóricos y prácticos integrados.

Redes internacionales, transdisciplinariedad y políticas públicas en problemas globales complejos

El nexo de investigación internacional y la transdisciplinariedad aparece como ingrediente clave para abordar los desafíos globales de alta complejidad. Al integrar mejores investigadores, profesionales y tomadores de decisiones en redes donde los límites entre investigación y desarrollo son deliberadamente difusos, la transdisciplinariedad permite una colaboración más efectiva que también es más innovadora (Hellin et al., 2020). Ayuda a construir un conocimiento enriquecido que desafía las compartimentaciones tradicionales en otros campos y permite soluciones comprensivas a fenómenos que involucran contextos humanos, sociales, ambientales y tecnológicos (Mejía Ríos et al., 2024).

En el ámbito de la transformación digital, este debate interdisciplinario y transnacional ha dado lugar a un nuevo paradigma de política pública, el

consenso schumpeteriano de tercera ola (Silva, 2022), que tiene como objetivo mediar la capacidad creativa y destructiva del cambio tecnológico. Las asociaciones interdisciplinarias también pueden estructurarse para apoyar el aprendizaje mutuo entre disciplinas, a través de divisiones culturales y contextuales, lo cual es crucial para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU (Ely et al., 2020).

Por último, la investigación en redes internacionales debería considerar vincular diferentes dimensiones de los ODS para lograr cambios a escala para una transformación genuina (Romero Goyeneche et al., 2022) y darse cuenta de cómo el conocimiento juega un papel en impulsar el cambio tecnológico, así como en formar mejores políticas públicas (Bandelow et al., 2021).

Nuevas metodologías para analizar sistemas sociales complejos tanto desde una perspectiva global como local

En cuanto a la investigación reciente de fenómenos sociales complejos, los estudios han combinado nuevas metodologías cruzando las fronteras de las disciplinas empíricas y han contribuido con enfoques transdisciplinarios que trascienden las limitaciones de las metodologías tradicionales. González-Díaz y Bustamante-Cabrera (2021), por ejemplo, presentan el diseño de investigación secuencial predictivo (DISPRE) que utiliza la lógica difusa para integrar métodos mixtos y reducir sesgos en la interpretación de sistemas sociales complejos.

Cabe mencionar otro par de ejemplos donde el pensamiento complejo, con principios dialógicos y holográficos, ha sido empleado para analizar la innovación social en Colombia (Moreno Delacruz y Rivera Lozada, 2022), desarrollando la idea de que dar cuenta de problemas multidimensionales implica marcos teóricos abiertos y flexibles. Asimismo, Longás Mayayo et al. (2022) confirman la conveniencia del uso de métodos cualitativos en diseños mixtos para analizar fenómenos sociales, como la vulnerabilidad social y el éxito educativo, que requieren combinar datos cuantitativos con narrativas que son ricas y contextualizadas.

A nivel internacional y latinoamericano, algunas propuestas metodológicas han incluido componentes críticos y participativos. Gómez-Cruz et al. (2023), por ejemplo, sugieren metodologías descolonizadas para estudiar la cultura digital en América Latina que enfatizan la importancia de filtros históricos y sociopolíticos. Mientras tanto, Soler-Gallart y Flecha (2022) consideran la evaluación ciudadana del impacto social como un nuevo desarrollo metodológico que fomenta la construcción de conocimiento colectivo basado en relaciones dialógicas entre investigadores y comunidades.

En el extranjero, mientras que Von Essen (2020) emplea métodos tanto cualitativos como cuantitativos para investigar la acomodación de inmigrantes en Europa, Haboud (2020) crea estrategias de revitalización de documentación activa en comunidades ecuatorianas que utilizan el conocimiento local para propósitos interdisciplinarios.

Colectivamente, estos estudios descubren una dirección hacia métodos colaborativos e inclusivos (socialmente transformadores) que van más allá del ámbito de los diseños convencionales. Los cuatro elementos (lógica difusa, enfoque dialógico, metodología descolonizada y participación ciudadana en la evaluación) convergen no solo para profundizar la comprensión de fenómenos complejos, sino también para mejorar el poder de impacto de la investigación en políticas públicas, procesos educativos y relaciones comunitarias tanto a nivel nacional como internacional.

Recursos y perspectivas futuras de la integración de la complejidad en la dirección de políticas

La implementación de la teoría de la complejidad en el desarrollo de políticas públicas también está sembrada de obstáculos técnicos, éticos y administrativos, como el hecho de que nuevas tecnologías como la inteligencia artificial son difíciles de incorporar en las estructuras gubernamentales y las instituciones generalmente resisten el cambio (Massa et al., 2024; Montecinos, 2021).

Además, hay una prevalencia de modelos normativos lineales en la toma de decisiones sobre políticas públicas, siendo estos no basados en la racio-

lidad ecológica o la multicomposicionalidad de los fenómenos sociales y culturales, lo que limita su capacidad para responder a situaciones dinámicas e interactivas (Zapata-Antón y Castellanos-Alvarenga, 2024; Ávila Morales et al., 2022).

La comprensión de los problemas como complejos resalta la necesidad de soluciones sintéticas y transdisciplinarias para garantizar la respuesta a desafíos globales que difícilmente pueden ser abordados por un solo sector o disciplina (Maldonado, 2022; Becher, 2021). De manera similar, se proponen la gobernanza policéntrica y la co-gestión de las comunidades locales como alternativas para garantizar la sostenibilidad de los bienes comunes en paisajes complejos (Zárate Yepes et al., 2021). Una nueva rama de investigación, ahora conocida como economía de la complejidad, y el despliegue a gran escala del big data se han convertido en instrumentos críticos para predecir, diseñar y evaluar políticas públicas más flexibles e inclusivas (Balland et al., 2022).

En correspondencia, trabajos recientes sobre la adopción de la IA generativa y la transformación digital en las universidades amplían aún más las discusiones sobre los desafíos de la complejidad en la política. Por ejemplo, Meza-Fregoso et al. (2024) afirman que el empleo de ChatGPT podría mejorar los resultados académicos y promover el aprendizaje personalizado; sin embargo, tal desarrollo requeriría que los profesores reciban capacitación, así como la existencia de estructuras éticas y mecanismos para garantizar la calidad (y precisión) del contenido.

A su vez, Flores-Sánchez et al. (2024) destacan que, como sistemas complejos, las instituciones de educación superior deben ser adaptativas y autoorganizadas, con un modelo de gestión policéntrico capaz de incorporar nuevas tecnologías, con el objetivo de superar las brechas digitales para una mayor inclusión educativa. Se evidencia la perspectiva que sustenta nuestra investigación: siguiendo la teoría de la complejidad, la adopción de tecnología puede llevar a políticas públicas más dinámicas, resilientes e innovadoras en la educación y otras áreas estratégicas.

Innovaciones tecnológicas: su impacto en la comprensión de la complejidad e interpretación de la complejidad global

Los caminos digitales para la narrativa política, la participación ciudadana y las formas de concebir la vida social han sido transformados por las plataformas digitales, añadiendo nuevas capas de complejidad a la recepción política contemporánea. Para prevenir la polarización, la alteración de la información y la nueva disciplina del gobierno algorítmico, Devia Acevedo (2025) señala que el dominio digital, aunque disperse las voces ciudadanas a un grado sin precedentes, también conlleva nuevos peligros: en sus palabras, “requiere medidas interdisciplinarias para comprender este tipo de fenómeno”. Esto es otra forma de decir que la formación mediática de hoy tiene que aprender de la teoría antigua.

De manera similar, la metamorfosis digital de la teoría social se considera una necesidad urgente. Roth et al. (2025) insisten en que la teoría social debe desarrollarse, a lo que se oponen es a aferrarse a las compañías petroleras. Insisten en que, ya sea minería de texto (minería de datos), el análisis de redes complejas y modelado basado en agentes se incluyan sin reservas al mismo nivel que la teoría de sistemas o la cibernética líquida para tratar cuestiones complejas desde todos los ángulos. El camino a seguir radica en adoptar un enfoque que sea adecuadamente holístico para tales problemas. Los dos últimos artículos sugieren que los nuevos paradigmas conceptuales —como la teoría del ensamblaje o la alfabetización digital crítica, sugeridos tanto por Bussu et al. (2025) como por Cajavilca Reyes et al. (2025)— pueden nuevamente ayudarnos a analizar la interacción entre sujetos humanos, tecnología y sociedades en el contexto de la innovación democrática o la educación digital.

Así, según Rufin et al. (2025), el acceso abierto a datos satelitales ha ayudado a la investigación interdisciplinaria sobre el desarrollo sostenible a adaptarse a problemas globales, como el cambio climático y la desigualdad social, aprovechando simulaciones informáticas complejas y mapas geoespaciales.

Tecnologías digitales y análisis de datos: herramientas para la interpretación y gestión de la complejidad global

Este libro argumentará que la aceptación humana de la inteligencia artificial (IA) llevará a su transformación, al igual que todos los demás avances en la historia, más allá de nuestra propia definición de conciencia. La narrativa política, la construcción teórica del urbanismo y las técnicas de organización laboral han sido afectadas y alteradas por plataformas digitales. Esto ha desplazado el curso antiguo infaliblemente (Devia Acevedo, 2025).

Para los directores de empresas, el análisis de datos a gran escala producirá mejores capacidades de decisión, pero también creará desigualdad de información y causará nuevos problemas que a menudo son perjudiciales para los equipos de gestión que enfrentan a las juntas directivas (Karamatzanis et al., 2025). Por lo tanto, los cambios digitales son un asunto complicado que afecta la eficiencia de las organizaciones, la experiencia del cliente y la innovación en el modelo de negocio en todas las cosas (Wessel et al., 2025; Sandoval-Benavides y López-Ornelas, 2025).

Los sitios de pago, por ejemplo, han dominado el dominio de la optimización de la gestión de residuos, así como los índices de vitalidad urbana a través de la tecnología de internet de las cosas (IOT) y la IA. Sin embargo, permanecen condiciones difíciles en el diseño de sistemas de saneamiento que afectan la calidad de los datos y la conveniencia para que los ciudadanos accedan a ellos (Fatorachian et al., 2025; Stufano Melone et al., 2025; Kim, 2025).

De manera análoga, el cambio hacia la digitalización ha revolucionado la contabilidad y el informe sostenibles. Hace más fácil registrar, analizar y confirmar datos ambientales y sociales para dar un poco de color a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) (Lodhia et al., 2025). Estas inversiones en todos los aspectos, a pesar de los problemas éticos y regulatorios que puedan involucrar, son indispensables para una mejor y más sistemática comprensión de la complejidad global.

Desafíos éticos, regulatorios y sociales del uso de la inteligencia artificial en contexto

Las tecnologías más avanzadas y la inteligencia artificial (IA) están intensificando la complejidad existente de los problemas globales. Pero, al mismo tiempo, crean nuevos desafíos no solo para la experiencia social del navegador sino también en ética, moral y derecho. Entre los problemas encontrados se encuentran los algoritmos que protegen la autonomía individual, métodos para el sesgo algorítmico, privacidad de los datos y transparencia en la toma de decisiones (Mohammed et al., 2025). Pero también hay brechas dañinas espiritualmente en la regulación hoy en día.

Los regímenes de derecho y derechos humanos que surgen de los desarrollos tecnológicos siempre se encuentran en una cierta condición de no perfección. Enfrentan una lentitud administrativa en el establecimiento de normas efectivas que solo aumentan estas dificultades (Mirakhori y Niazi, 2025; Taeihagh, 2025). A nivel internacional, los mecanismos participativos adaptativos para el gobierno de la IA se están estableciendo apenas para fomentar la colaboración entre tecnólogos, proveedores de servicios de alta tecnología, expertos legales, académicos y personal administrativo (Pham, 2025; Goktas y Grzybowski, 2025). Insidiosamente, la Comunidad Europea lidera medidas como su Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) y la próxima Ley de IA.

Ambas regulaciones forman una realidad antropológica de la dignidad humana (Török y Darabos, 2025). Además, recibir alfabetización digital crítica es necesario en la escuela (Cajavilca Reyes et al., 2025), y necesitamos desarrollar marcos éticos que alineen la innovación tecnológica con los intereses públicos (Raman et al., 2025).

Conclusiones

Esa colaboración interdisciplinaria y la globalización son sus dos principales conquistas, herramientas de métodos modernos para las ciencias sociales frente a la complejidad. Las conclusiones alcanzadas arrojan luz sobre

un punto muy claro: la convergencia del conocimiento de diferentes disciplinas y la integración del conocimiento local y global permiten abordar los fenómenos sociales, económicos y ambientales de manera holística.

Al mismo tiempo, persisten desafíos: la fragmentación disciplinaria; falta de traductores sociales y económicos; falta de marcos teóricos que promuevan la integración y el aprendizaje transnacional para responder genuinamente a problemas de gran escala a nivel global. Las innovaciones metodológicas discutidas en este capítulo han demostrado que el diseño de investigación pasa de la variedad de *Homo sapiens* al trabajo en equipo. El diseño de Investigación secuencial predictiva (PSRD) y la evaluación ciudadana del impacto social, ambos representan el deseo de mezclar enfoques cualitativos con cuantitativos y entablar un diálogo entre perspectivas críticas para comprender mejor los fenómenos sociales complejos; además, esto nos lleva a un conocimiento más contextual con un mayor potencial para dar forma a los procesos de transformación de políticas públicas.

Desde el contexto de la interpretación social, económica y ambiental, las reglas están siendo reescritas por los avances en innovación tecnológica, tales como los macrodatos, la inteligencia artificial, el internet de las cosas y la tecnología de modelado complejo en sí misma. Estas herramientas ofrecen oportunidades sin precedentes para la toma de decisiones basada en datos, así como para la simulación de escenarios complejos. Por otro lado, también plantean nuevos puntos éticos; preguntas sobre la regulación y la sociedad que deben responderse cuidadosamente en términos de sistemas normativos, transparencia algorítmica y estrategias para alfabetizar a los diversos públicos que las utilizan.

Finalmente, del capítulo se puede ver que poner la teoría de la complejidad en las políticas públicas implica adoptar enfoques polinesios, policéntricos y adaptativos. La gobernanza colaborativa y el uso de tecnologías emergentes en armonía con principios éticos son elementos básicos. Una parte significativa de la capacidad pública e institucional debe establecerse para hacer políticas más resistentes. Así, la confluencia de la innovación tecnológica, las metodologías críticas y la investigación interdisciplinaria ofrece una solución prometedora para enfrentar los desafíos del siglo XXI con sostenibilidad a largo plazo.

Referencias

- Ávila Morales, H., Palumbo Pinto, G. B., De la Cruz Ríos, H. A., y Ogosi Auqui, J. A. (2022). Toma de decisiones estratégicas en la gestión pública para el desarrollo social. *Revista Venezolana de Gerencia*, 27(7), 648–662. <https://doi.org/10.52080/rv-gluz.27.7.42>
- Balland, P.-A., Broekel, T., Diodato, D., Giuliani, E., Hausmann, R., O'Clery, N., y Rigby, D. (2022). The New Paradigm of Economic Complexity. *Research Policy*, 51(3), 104450. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104450>
- Bandelow, N. C., Hornung, J., Schröder, I., y Vogeler, C. S. (2021). The Transformative Power of Technological Change for Public Policy. *Review of Policy Research*, 38(6), 645–652. <https://doi.org/10.1111/ropr.12454>
- Becher, Y. (2021). El estudio del derecho desde un enfoque complejo y transdisciplinar: experiencias de investigación en políticas de juventud en Argentina. *Revista De Derecho*, (24), 202–215. <https://doi.org/10.22235/rd24.2627>
- Bussu, S., Wojciechowska, M., Forde, C., y Santos Dias, T. dos. (2025). Participation as Assemblage: Looking at Developments in Democratic Innovations Through an Assemblage Perspective. *Politics*, 46(1). <https://doi.org/10.1177/02633957251329608>
- Cajavilca Reyes, K., Perez-Hernandez, E. y Cerrillo Martin, R. (2025). Critical Digital Literacy in Non-Formal Educational Spaces. *Digital Education Review*, 47, 29–43. <https://doi.org/10.1344/der.2025.47.29-43>
- Devia Acevedo, E. D. (2025). Narrativas y subjetividades políticas globales en medios de comunicación digital: análisis de la campaña #SinMiedo. *Palabra Clave*, 28(1), Artículo e2819. <https://doi.org/10.5294/pacla.2025.28.1.9>
- Ely, A., Marin, A., Charli-Joseph, L., Abrol, D., Apgar, M., Atela, J., Ayre, B., Byrne, R., Choudhary, B. K., Chengo, V., Cremaschi, A., Davis, R., Desai, P., Eakin, H., Kushwaha, P., Marshall, F., Mbeva, K., Ndege, N., Ochieng, C., ... Yang, L. (2020). Structured Collaboration Across a Transformative Knowledge Network—Learning Across Disciplines, Cultures and Contexts? *Sustainability*, 12(6), Artículo 2499. <https://doi.org/10.3390/su12062499>
- Fatorachian, H., Kazemi, H., y Pawar, K. (2025). Digital Technologies in Food Supply Chain Waste Management: A Case Study on Sustainable Practices in Smart Cities. *Sustainability*, 17(5), Artículo 1996. <https://doi.org/10.3390/su17051996>
- Flores Sánchez, C. A., Meza Fragoso, J. A., y Lobo Rodríguez, M. O. (2024). Instituciones de Educación Superior, un sistema complejo en transformación digital. *Revista Iberoamericana de Complejidad y Ciencias Económicas*, 2(4), 53-63. <https://doi.org/10.48168/ricce.v2n4p53>
- Goktas, P., y Grzybowski, A. (2025). Shaping the Future of Healthcare: Ethical Clinical Challenges and Pathways to Trustworthy AI. *Journal of Clinical Medicine*, 14(5), Artículo 1605. <https://doi.org/10.3390/jcm14051605>
- Gómez-Cruz, E., Ricaurte, P., y Siles, I. (2023). Descolonizando los métodos para estudiar la cultura digital: una propuesta desde Latinoamérica. *Cuadernos.Info*, (54), 160–181. <https://doi.org/10.7764/cdi.54.52605>

- González-Díaz, R. R., y Bustamante-Cabrera, G. I. (2021). Predictive Sequential Research Design to Study Complex Social Phenomena. *Entropy*, 23(5), 627. <https://doi.org/10.3390/e23050627>
- Haboud, M. (2020). Propuestas metodológicas para la investigación interdisciplinaria como interacción social. *Iberoromania*, 2020(91), 52-76. <https://doi.org/10.1515/iber-2020-0006>
- Hellin, J., Balié, J., Fisher, E., Kohli, A., Connor, M., Yadav, S., Kumar, V., Krupnik, T. J., Sander, B. O., Cobb, J., Nelson, K., Setiyono, T., Puskur, R., Chivenge, P., y Gummert, M. (2020). Trans-Disciplinary Responses to Climate Change: Lessons from Rice-Based Systems in Asia. *Climate*, 8(2), 35. <https://doi.org/10.3390/cli8020035>
- Karamatzanis, G., Tilba, A., y Nikolopoulos, K. (2025). Corporate Governance Reporting, Disclosures, Monitoring, and Decision-Making: The Role of Big Data Analytics and Technological Tools. *Corporate Governance: An International Review*, 34(1). <https://doi.org/10.1111/corg.12646>
- Kim, Y.-L. (2025). Urban Vitality Measurement Through Big Data and Internet of Things Technologies. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 14(1), 14. <https://doi.org/10.3390/ijgi14010014>
- Lodhia, S., Farooq, M. B., Sharma, U., y Zaman, R. (2025). Digital Technologies and Sustainability Accounting, Reporting and Assurance: Framework and Research Opportunities. *Meditari Accountancy Research*, 33(2), 417–441. <https://doi.org/10.1108/MEDAR-01-2025-2796>
- Longás Mayayo, J., Cussó-Parcerisas, I., Dotras Rusalleda, P., Vilàs Trias, M., Torralbo Lopez, M., y Riera Romaní, J. (2022). Integration of Qualitative Research in The Study of Social Vulnerability and Educational Success. *New Trends in Qualitative Research*, 14, Artículo e570. <https://doi.org/10.36367/ntqr.14.2022.e570>
- Malakar, P., Khan, S. A., Gunasekaran, A., y Mubarik, M. S. (2025). Digital Technologies for Social Supply Chain Sustainability: An Empirical Analysis Through the Lens of Dynamic Capabilities and Complexity Theory. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 72, 664–675. <https://doi.org/10.1109/TEM.2024.3524896>
- Maldonado, C. E. (2022). Theory of Complex Problems. *Cinta Moebio*, (74), 109–120. <https://doi.org/10.4067/s0717-554x2022000200109>
- Massa, L. A., Cabel, D. J., Garcia, A. J., y Martinez, J. A. (2024). Desafíos de la implementación de la inteligencia artificial en políticas públicas. *Revista Venezolana De Gerencia*, 29(108), 1664–1677. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.29.108.12>
- Mejía Ríos, J., Sepulveda Casadiesgo, Y. A., y Díaz Téllez, Á. S. (2024). Transdisciplinariedad: una reflexión bibliográfica de su impacto en la investigación social y educativa. *Sophia*, 20(1). <https://doi.org/10.18634/sophiaj.20v.1i.1351>
- Meza Fregoso, J. A., Flores Sánchez, C. A., y Sifuentes Ocegueda, A. T. (2024). Complejidad y adopción de la Inteligencia Artificial Generativa en estudiantes que asistieron al verano de investigación, 2024. *Revista Iberoamericana de Complejidad y Ciencias Económicas*, 2(4), 91-106. <https://doi.org/10.48168/ricce.v2n4p91>
- Mirakhori, F., y Niazi, S. K. (2025). Harnessing the AI/ML in Drug and Biological Prod-

- ucts Discovery and Development: The Regulatory Perspective. *Pharmaceuticals*, 18(1), 47. <https://doi.org/10.3390/ph18010047>
- Mohammed, S. A. A. Q., Osman, Y. M. M., Ibrahim, A. M., y Shaban, M. (2025). Ethical and Regulatory Considerations in The Use of AI and Machine Learning in Nursing: A Systematic Review. *International Nursing Review*, 72(1) <https://doi.org/10.1111/inr.70010>
- Montecinos, E. (2021). Cuarta revolución industrial y la administración pública en América Latina. *Revista Venezolana De Gerencia*, 26(93), 10-32. <https://doi.org/10.52080/rvgluz93.02>
- Moreno Delacruz, J. A., y Rivera Lozada, I. C. . (2022). Enfoque de diseño: la respuesta de innovación social para el departamento del Cauca, Colombia. *Kepes*, 19(26), 225–273. <https://doi.org/10.17151/kepes.2022.19.26.8>
- Parti, K., y Szigeti, Á. (2021). The Future of Interdisciplinary Research in The Digital era: Obstacles and Perspectives of Collaboration in Social and Data Sciences – An Empirical Study. *Cogent Social Sciences*, 7(1), 1970880. <https://doi.org/10.1080/23311886.2021.1970880>
- Olson, J., y Pinto da Silva, P. (2021). Science, Social Networks, and Collaboration: An Analysis of Publications in Fisheries Science From 1990 to 2018. *ICES Journal of Marine Science*, 78(3), 810–820. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsab003>
- Pham, T. (2025). Ethical and Legal Considerations in Healthcare AI: Innovation and Policy for Safe and Fair use. *Royal Society Open Science*, 12(5), Artículo 241873. <https://doi.org/10.1098/rsos.241873>
- Raman, R., Kowalski, R., Achuthan, K., et al. (2025). Navigating Artificial General Intelligence Development: Societal, Technological, Ethical, and Brain-Inspired Pathways. *Scientific Reports*, 15, Artículo 8443. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-92190-7>
- Romero Goyeneche, O. Y., Ramirez, M., Schot, J., y Arroyave, F. (2022). Mobilizing the Transformative Power of Research for Achieving the Sustainable Development Goals. *Research Policy*, 51(10), 104589. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2022.104589>
- Roth, S., Watson, S., Möller, S., Clausen, L., Žažar, K., Dahms, H., Sales, A., y Lien, V. (2025). Guiding Distinctions of Social Theory: Results from Two Online Brainstormings and One Quantitative Analysis of the ISA Books of the XX Century corpus. *Current Sociology*, 73(4), 629–650. <https://doi.org/10.1177/00113921251316685>
- Rufin, P., Meyfroidt, P., Akinyemi, F. O., y Wang, S. (2025). To Enhance Sustainable Development Goal Research, Open up Commercial Satellite Image Archives. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 122(7), Artículo e2410246122. <https://doi.org/10.1073/pnas.2410246122>
- Sandoval-Benavides, V. L., y López-Ornelas, M. (2025). Transformación digital en la educación superior desde la perspectiva internacional: Mapeo sistemático de la literatura. *Texto Livre*, 18, Artículo e51996. <https://doi.org/10.1590/1983-3652.2025.51996>
- Silva, V. (2024). The Schumpeterian Consensus: The New Logic of Global Social Policy to Face Digital Transformation. *Journal of Social Policy*, 53(4), 1147–1163. <https://doi.org/10.1017/S0047279422000861>

- Stufano Melone, M. R., Borgo, S., y Camarda, D. (2025). Digital Twins Facing the Complexity of the City: Some Critical Remarks. *Sustainability*, 17(7), Artículo 3189. <https://doi.org/10.3390/su17073189>
- Soler-Gallart, M., y Flecha, R. (2022). Researchers' Perceptions About Methodological Innovations in Research Oriented to Social Impact: Citizen Evaluation of Social Impact. *International Journal of Qualitative Methods*, 21, 1–10. <https://doi.org/10.1177/16094069211067654>
- Taeihagh, A. (2025). Governance of Generative AI. *Policy and Society*, 44(1), 1–22. <https://doi.org/10.1093/polsoc/puaf001>
- Török, B., y Darabos, Á. (2025). Aligned in Human Dignity? Parallel Anthropological Aspects of EU Tech Regulation and Pope Francis' Teaching on AI. *Religions*, 16(3), 312. <https://doi.org/10.3390/rel16030312>
- Viteri Robayo, C., Guanga Lara, V., Arteaga, C., y Galarza Esparza, W. (2023). Sistema Complejo e Interdisciplina en Investigación. *Medwave*, 23(1), Artículo UTA151. <https://doi.org/10.5867/medwave.2023.S1.UTA151>
- Von Essen, M. (2020). Significado social de las actitudes lingüísticas, la red social y las variables de pequeña escala en los estudios de inmigración: combinación de métodos cualitativos y cuantitativos. *Iberoromania*, 2020(91), 93-132. <https://doi.org/10.1515/iber-2020-0008>
- Wessel, L., Mosconi, E., Indulska, M., y Baiyere, A. (2025). Digital Transformation: Quo Vadit? *Information Systems Journal*, 35(4) <https://doi.org/10.1111/isj.12578>
- Zapata-Antón, J., y Castellanos-Alvarenga, L. M. (2024). Avances en la teoría de toma de decisiones: Implicaciones para las políticas públicas de educación financiera en Argentina (Trans.). *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*, 16(1), 38–53. <https://doi.org/10.32348/1852.4206.v16.n1.44610>
- Zárate Yepes, C. A., López Loaiza, N., López Loaiza, S. M., y Castañeda Ruiz, H. N. (2021). Análisis desde la teoría de gobernanza policéntrica de Ostrom aplicada a la figura de Parque Nacional Natural frente a los retos del posacuerdo. *Ratio Juris*, 15(31), 425–453. <https://doi.org/10.24142/raju.v15n31a3>

8. De la complejidad al valor: ecosistemas organizacionales en práctica



EDUARDO AHUMADA-TELLO*

MANUEL CASTAÑÓN-PUGA**

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.395.08>

Resumen

Este capítulo propone el marco de ecosistemas organizacionales inteligentes para explicar cómo las organizaciones crean valor mediante un propósito compartido, inteligencia colectiva habilitada por datos e IA y gobernanza adaptativa. Desde la teoría de la complejidad, se sostiene que los resultados emergen de interacciones entre actores y que la función directiva es diseñar condiciones con reglas, incentivos y flujos de información que favorezcan cooperación, aprendizaje y decisiones oportunas. El encuadre define al ecosistema como una red que coordina por medio de plataformas y acuerdos, y a la organización inteligente como aquella que convierte los datos en una acción medible, promueve autonomía responsable y desarrolla capacidades de experimentación con bajo riesgo. La metodología combina diseño conceptual aplicado y estudio de casos con triangulación y criterios de transferibilidad. El caso de social product development ilustra la co-creación de comunidades y usuarios mediante colaboración masiva, diseño y fabricación en la nube e integración de datos, siguiendo seis fases que aceleran aprendizaje y ajuste producto mercado. Se tratan tensiones de propiedad intelectual y gobernanza de datos, y se proponen métricas como latencia de decisión, diver-

* Doctor en Ciencias Administrativas. Profesor-investigador de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1698-5126>

** Doctor en Ciencias. Profesor-investigador en la Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2890-512X>

sidad de contribuyentes, adopción de prototipos y resiliencia de equipos. Se ofrecen herramientas y lineamientos de implementación, y una agenda sobre inteligencia colectiva, ética socio técnica, incentivos y estudios longitudinales.

Palabras clave: *complejidad, ecosistema, social product development, innovación tecnológica.*

Introducción

En los últimos años, las organizaciones han dejado de verse como máquinas con piezas separadas y predecibles, para entenderse como ecosistemas: redes vivas de personas, tecnologías, datos, instituciones y reglas que interactúan de forma dinámica. En un ecosistema, el valor no lo crea un solo actor, sino la interacción entre diferentes agentes, como las empresas, universidades, gobiernos, comunidades y plataformas digitales, que aprenden y se adaptan continuamente. Este nuevo enfoque es clave para competir en contextos complejos, como las zonas transfronterizas, donde la innovación depende tanto de la coordinación público-privada como del talento y la infraestructura digital compartida.

Este capítulo propone el concepto de ecosistemas organizacionales inteligentes (EOI) para describir organizaciones que integran tres capacidades: 1) propósito compartido y orientación al valor social y económico; 2) inteligencia colectiva habilitada por datos, analítica e inteligencia artificial; y 3) gobernanza adaptativa que permite decisiones rápidas, distribuidas y éticas. Se les llama “inteligentes” a estos ecosistemas no porque lo sepan todo, sino porque son capaces de aprender, conectan señales del entorno, experimentan, corrigen y mejoran su desempeño con cada ciclo.

El enfoque de complejidad explica por qué esta forma de organizarse es necesaria. En sistemas complejos, los resultados surgen de la interacción de diferentes agentes, como las personas, los equipos, los algoritmos, entre otros, y no pueden predecirse solo a partir de cada parte por separado (San Miguel, 2023). Más bien, al hacer pequeños cambios en reglas, incentivos o flujos de información, pueden generar efectos grandes y no lineales (Efremov et al., 2023). Por eso, la tarea de dirección deja de buscar el control

tradicional de los elementos y pasa a ser diseñar condiciones para que emerjan comportamientos deseables como la cooperación, la innovación y el uso responsable de la tecnología (Dawson, 2023; Pacheco y Paul, 2025). En ese enfoque, se pretende comprender y diseñar el espacio en donde la colaboración florezca (Gilpin, 2024; Wang et al., 2021).

Este capítulo tiene tres propósitos. Primero, definir los EOI y sus pilares (integración socio-técnica, aprendizaje en tiempo real y gobernanza distribuida). Segundo, mostrar su aplicación en el caso del social product development (SPD), un enfoque de co-creación abierta donde usuarios y comunidades participan en ideación, validación y desarrollo de productos; asimismo, extraer lecciones prácticas y métricas transferibles para equipos que operan en regiones con interdependencias, como la zona transnacional Tijuana–San Diego, donde universidades, startups y empresas globales comparten talento, cadenas de suministro y plataformas de datos.

Estas preguntas guían la lectura:

1. ¿Cómo se diseña un ecosistema organizacional que aprenda del entorno y convierta ese aprendizaje en decisiones oportunas?
2. ¿Qué reglas de cooperación y plataformas tecnológicas facilitan la co-creación con clientes, proveedores y comunidades (caso SPD)?
3. ¿Qué métricas permiten evaluar si el ecosistema está generando valor económico y social de forma sostenible (por ejemplo, latencia de decisión, diversidad de contribuyentes, resiliencia de equipos)?

Para ejemplificar de manera sencilla el concepto central de este capítulo, se puede ilustrar por medio de una plataforma que conecta a diseñadores locales con fabricantes y clientes, o en una red escolar universitaria-industrial que comparte laboratorios y retos de innovación. Si cada actor trabaja aislado, el progreso es lento y costoso. En cambio, si existen reglas claras para compartir datos, proteger la propiedad intelectual, medir resultados y reconocer aportes, el sistema acelera el aprendizaje. Esto se debe a que las ideas se validan más rápido, los errores se corrigen antes y las soluciones llegan a más personas. Eso es un EOI: una forma de colaboración con propósito, tecnología y reglas que convierten interacciones en valor.

Encuadre teórico: ecosistemas organizacionales inteligentes

Ecosistema organizacional y organización inteligente

Un ecosistema organizacional es una red de actores interconectados que comparten recursos, datos y reglas para crear valor colectivo, donde las relaciones importan tanto como las capacidades individuales. En lugar de cadenas lineales, se observan entramados donde empresas, universidades, gobierno y comunidades se coordinan mediante plataformas y acuerdos que facilitan el flujo de conocimiento y de decisiones. El rendimiento del sistema no depende de un centro único, sino de la calidad de las conexiones, de la confianza y de los incentivos que sostienen la colaboración en el tiempo (Gawer, 2022).

Una organización “inteligente” define objetivos con sentido sistémico, alinea el propósito con el desempeño humano y combina aprendizaje continuo con medición rigurosa. La atención se centra en convertir datos en acciones medibles y con posibilidad de ejecución, en diseñar procesos que eleven la autonomía responsable y en desarrollar capacidades para experimentar con bajo riesgo y determinar la mejor decisión. El énfasis, además de técnico, también es cultural, puesto que las personas requieren claridad de metas, retroalimentación frecuente y marcos de decisión que reduzcan la incertidumbre sin anular la iniciativa individual (Jacobides et al., 2021).

Tres pilares sostienen a estos ecosistemas. El primero es la integración, que conecta procesos, tecnologías y equipos para que la información fluya sin fricciones innecesarias. El segundo es la creatividad, fomentada por diversidad de perspectivas, espacios para la exploración y mecanismos de evaluación transparentes. El tercero es la colaboración, con reglas de participación claras y con plataformas que facilitan la co-creación con actores externos. Estos pilares operan con un propósito alineado, pensamiento sistémico y un enfoque humano tecnológico que da prioridad a la experiencia del colaborador y a la seguridad de los datos como condiciones para la confianza sostenida (Gawer, 2022).

Factores humanos y tecnológicos

Las culturas de alto desempeño se construyen cuando las reglas organizacionales colocan a las personas primero, o al menos en igualdad de condiciones ante la búsqueda de objetivos organizacionales. Esto reduce la burocracia e incentiva la formación de comunidades de práctica que comparten conocimientos y aprendizajes. La experiencia de empleado integra dimensiones físicas, técnicas y culturales, y se traduce en mayor compromiso, bienestar psicológico y resultados medibles cuando las prácticas de gestión se orientan al desarrollo y a la participación informada en la decisión. Esta perspectiva produce efectos sobre satisfacción, permanencia y conducta innovadora, por lo que integra el eje central del diseño de un ecosistema inteligente (Lee y Kim, 2023).

Entre los factores tecnológicos se encuentra la biónica organizacional. Esta describe la combinación intencional de capacidades humanas y tecnologías digitales para amplificar el juicio experto con analítica predictiva, automatización inteligente y capacidades de orquestación que cruzan funciones y fronteras. No se trata de reemplazo, sino de complementariedad entre las personas que formulan preguntas valiosas y los sistemas tecnológicos que aceleran la observación, el reconocimiento de patrones y la intervención oportuna. Un despliegue biónico exige rediseño de procesos, gobierno de datos y formación en competencias analíticas para que la tecnología se convierta en palanca de aprendizaje y no en carga de complejidad (Cherepanov et al., 2021).

Toma de decisiones en entornos dinámicos y complejidad en negocios

En contextos con alta variabilidad, la toma de decisiones requiere información instantánea y de preferencia generada en tiempo real, ciclos cortos de pruebas y marcos de delegación que permitan actuar cerca del punto donde surge la información. La descentralización bien diseñada reduce latencia, mejora la adaptación logística y preserva coherencia mediante principios compartidos y métricas comunes. La clave no es decidir de manera dispersa, sino distribuir

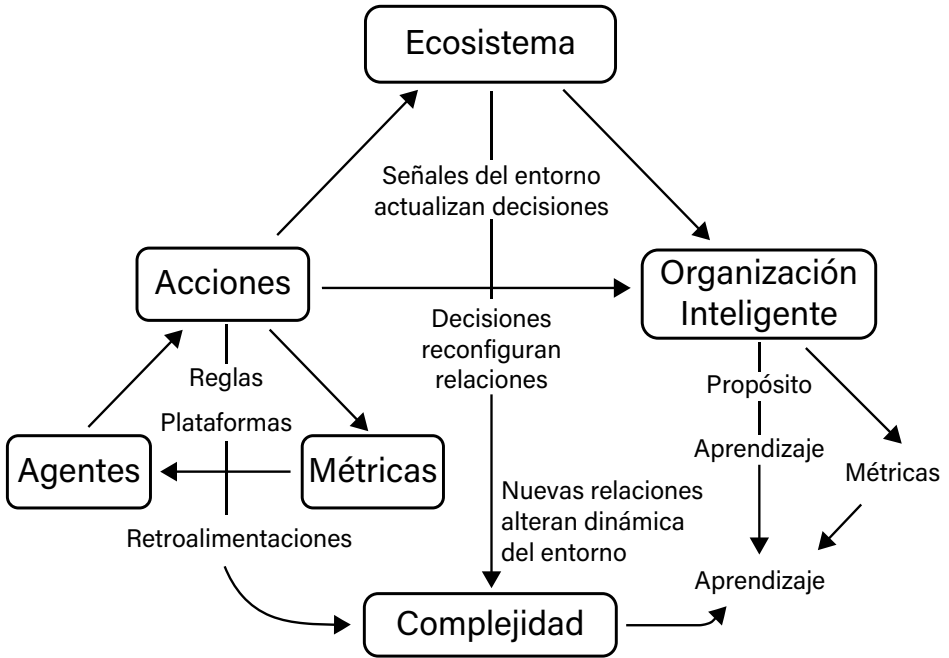
autoridad con criterios explícitos de riesgo, impacto y reversibilidad para ajustar la acción según cambian las condiciones del entorno (Tavares et al., 2024).

Los ecosistemas organizacionales se entienden mejor con la teoría de la complejidad, que explica cómo interacciones locales producen patrones globales sin control central, lo que es una de sus características. Un sistema complejo exhibe múltiples agentes que aprenden, relaciones no lineales donde pequeños cambios generan efectos grandes, ausencia de un mando único y capacidad de adaptación que emerge de reglas simples, retroalimentaciones y memoria del sistema. Este marco reubica la gestión desde el control de cada detalle hacia el diseño de condiciones que favorecen coordinación, resiliencia y creación de valor en contextos de interdependencia creciente, como los que caracterizan a las regiones transfronterizas y a las plataformas digitales (Alexander y Fernandez, 2025).

La figura 1 describe un ecosistema social adaptativo: las señales del entorno alimentan a una organización inteligente que, guiada por propósito, aprende y ajusta métricas. Sus decisiones reconfiguran relaciones entre actores y agentes mediante reglas y plataformas, generando retroalimentaciones. Las métricas capturan resultados y orientan nuevos ajustes. La interacción continua crea nuevas conexiones que modifican la dinámica del entorno y elevan la complejidad, habilitando coordinación regional y ventaja colectiva.

En redes sociales, los comportamientos colectivos surgen de decisiones locales informadas por algoritmos de recomendación, lo que exige transparencia y métricas de responsabilidad. En sistemas tecnológicos complejos, la arquitectura modular y la estandarización compatible con la diversidad permiten escalar sin perder flexibilidad. En economía de la complejidad, la innovación se interpreta como resultado de la interacción natural que se presenta entre actores y recursos, con ciclos que se enfocan en el replanteamiento de los elementos que conforman el sistema en el momento presente, y este proceso se acelera cuando existen datos abiertos, espacios y procedimientos compartidos y confiables que protejan la propiedad intelectual y el interés público (Jacobides et al., 2021).

Figura 8.1. Sistema básico de un ecosistema de organizaciones inteligentes



Fuente: elaboración propia.

Metodología

El capítulo usa un diseño conceptual aplicado con estudio de casos para conectar teoría y práctica en entornos donde la innovación y la coordinación entre organizaciones requieren una visión de sistema. La pregunta guía se relaciona con la creación y gobierno de arreglos colaborativos que aprenden y mejoran con cada ciclo de interacción. El enfoque integra dos componentes: clarificación de los conceptos de ecosistema y organización inteligente, y análisis empírico de experiencias concretas que muestran mecanismos y condiciones de aplicación. Con ello se facilita la transferencia a otros contextos regionales e industriales y se asegura rigor en la investigación de casos en sistemas complejos (Sibbald et al., 2021).

La selección de casos sigue tres criterios. Primero, relevancia para mostrar organización, aprendizaje colectivo y creación de valor en contextos de cam-

bio. Segundo, disponibilidad y calidad de evidencia para reconstruir procesos con trazabilidad, incluyendo documentos de trabajo, registros de desempeño, materiales de formación y testimonios directivos. Tercero, potencial de transferibilidad, entendido como que las lecciones puedan aplicarse en contextos similares mediante descripciones claras, condiciones de uso y métricas comparables, de acuerdo con criterios recientes sobre investigación (Drisko, 2025).

Las fuentes combinan materiales documentales, datos operativos y evidencia narrativa. Incluyen informes internos, protocolos, actas de reuniones, tableros de desempeño, entrevistas semiestructuradas a participantes clave y observación de prácticas en sesiones de coordinación y evaluación. La integración se realiza mediante triangulación metodológica y de datos para asegurar credibilidad y coherencia interna, con énfasis en la convergencia y la complementariedad de perspectivas (Arias Valencia, 2022; Baldwin et al., 2024; Sibbald et al., 2021).

Para asegurar rigor y utilidad, se incorporan estrategias de calidad propias de estudios cualitativos en sistemas complejos. Se utiliza revisión con participantes para contrastar interpretaciones, registro de decisiones analíticas para trazar una ruta de auditoría y reflexión sobre el papel del equipo investigador frente a sesgos y asimetrías de información. La transferibilidad se atiende mediante fichas de contexto que detallan sector, tamaño organizacional, madurez digital, densidad relacional y entorno regulatorio, de modo que el lector cuente con elementos para valorar la pertinencia en su propio escenario regional o sectorial (Arias Valencia, 2022; Drisko, 2025; Stalmeijer et al., 2024; Arias Valencia, 2022).

El caso de *social product development* (SPD) como ecosistema de co-creación

Definición y relevancia

SPD es un arreglo colaborativo donde clientes, usuarios avanzados, proveedores, universidades y comunidades digitales participan en ideación, validación y desarrollo de productos (Ahumada-Tello y Evans, 2023). Opera sobre plataformas que combinan foro, repositorio, prototipado y

analítica de interacción. Su relevancia aumenta en el periodo pospandemia por tres razones: expansión de talento distribuido, reducción de costos de coordinación mediante herramientas en la nube y madurez de prácticas de codiseño que acortan ciclos de aprendizaje. El valor central de SPD es transformar interacciones en señales para decisión de producto con trazabilidad y métricas compartidas.

Tabla 8.1. *Enfoque tecnológico SDP*

<i>Enfoque tecnológico</i>	<i>Propósito / resumen</i>	<i>Componentes clave</i>
Colaboración masiva	Orquestrar aportes de comunidades amplias con reglas claras y trazabilidad.	Comunidades moderadas; curaduría de aportes; reputación y <i>badges</i> ; gobernanza de contribuciones; gestión de licencias.
Diseño y fabricación en la nube	Diseñar, simular, probar y producir de forma distribuida y bajo demanda.	CAD colaborativo; gemelos digitales; repositorios de versiones; simulación remota; laboratorios distribuidos de prueba; manufactura bajo demanda.
Integración de datos	Unificar señales de uso y flujos operativos para priorizar y cerrar el ciclo producto-mercado.	Telemetría de uso; analítica de texto e imágenes; tableros de priorización basados en evidencia; APIs para conectar CRM, PLM y sistemas de <i>ticketing</i> .

Fuente: elaboración propia.

La tabla 8.1 muestra que el SPD se apoya en tres pilares complementarios: la colaboración masiva como capa social que organiza contribuciones abiertas con reglas, reputación y licencias; el diseño y la fabricación en la nube como plataforma técnica para crear, simular y producir de forma distribuida mediante CAD colaborativo, gemelos digitales y control de versiones; y la integración de datos como bucle de aprendizaje que recoge telemetría y evidencia (texto o imágenes) para priorizar con tableros y conectar operaciones vía API (CRM, PLM, *ticketing*). Juntos, estos enfoques convierten la participación comunitaria en ejecución ágil y, a su vez, en decisiones guiadas por datos que cierran el ciclo producto-mercado.

Tabla 8.2. *Proceso SDP en seis fases*

<i>Etapa SPD</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Prácticas / actividades clave</i>	<i>Entregable principal</i>
1. Compromiso social	Reunir y activar a la comunidad objetivo con reglas claras	Convocatoria; definición de espacios y normas de participación; métricas de actividad y diversidad	Mapa de actores y normas
2. Ideación	Generar y depurar propuestas de valor	Captura de problemas y propuestas; plantillas ligeras (valor, usuario, contexto, criterio de éxito)	Backlog priorizado
3. Comunicación experiencial	Materializar y contar la solución para aprendizaje rápido	Prototipos de baja fidelidad; demos abiertas; narrativas de uso; pruebas remotas	Prototipos y diarios de uso
4. Validación social	Priorizar por evidencia y reducir incertidumbre	Votos ponderados; experimentos A/B; pruebas de usabilidad; análisis de sentimiento	Tablero de validación
5. Codesarrollo	Construir con calidad y trazabilidad	Repositorios y ramas por feature; revisiones entre pares; integración continua; pruebas automatizadas	Repositorio con versiones y cobertura de pruebas
6. Cocomercialización	Desplegar y escalar con la comunidad	Pilotos con usuarios líderes; programas de referencia; manuales y contenidos generados por la comunidad; acuerdos de reconocimiento y licencias	Plan de lanzamiento con activos de comunidad

Fuente: elaboración propia.

La tabla 8.2 resume un proceso SDP de seis etapas que conduce de la movilización comunitaria a la adopción. Inicia con compromiso social donde se convoca a la comunidad y se fijan normas y métricas para asegurar participación diversa. Dando paso a la ideación, para transformar problemas y propuestas en un *backlog* priorizado. La comunicación experiencial genera prototipos y productos de muestra que nutren la validación social, donde la evidencia reduce la incertidumbre. Con esas señales, el codesarrollo se ejecuta con trazabilidad mediante repositorios, revisiones, integración continua y pruebas. Finalmente, la cocomercialización activa pilotos, programas de referencia y contenidos o licencias para un lanzamiento respaldado por activos de comunidad.

La tabla 8.3 contrapone dos lógicas de desarrollo: NPD concentra decisiones y conocimiento en un equipo cerrado, con gobernanza por etapas internas, baja exposición al riesgo y control mediante hitos y presupuesto. En cambio, SPD distribuye el trabajo en una red con roles explícitos, integra aportes externos bajo curaduría y derechos claros, gobierna con criterios y métricas visibles, expone temprano para aprender en ciclos cortos y mide

con señales de aprendizaje (tiempo a *insight*, diversidad de contribuyentes, adopción de prototipos). En síntesis, NPD prioriza control y previsibilidad; SPD privilegia apertura, aprendizaje acelerado y evidencia comunitaria —útil en entornos de alta incertidumbre— y búsqueda de producto-mercado.

Tabla 8.3. *NPD tradicional* vs *SPD*

<i>Aspecto</i>	<i>NPD (desarrollo de producto tradicional)</i>	<i>SPD (social product development)</i>
Foco	Centraliza en un equipo de producto	Distribuye en una red con roles definidos
Flujo de conocimiento	Privilegia investigación cerrada	Integra aportes externos con curaduría y derechos claros
Gobernanza	Decide por etapas internas	Usa criterios y métricas visibles para la comunidad y la dirección
Riesgo y aprendizaje	Reduce exposición pública	Expone temprano y aprende con iteraciones cortas
Métricas	Sigue hitos y presupuesto	Añade tiempo-a-insight, diversidad de contribuyentes y adopción de prototipos

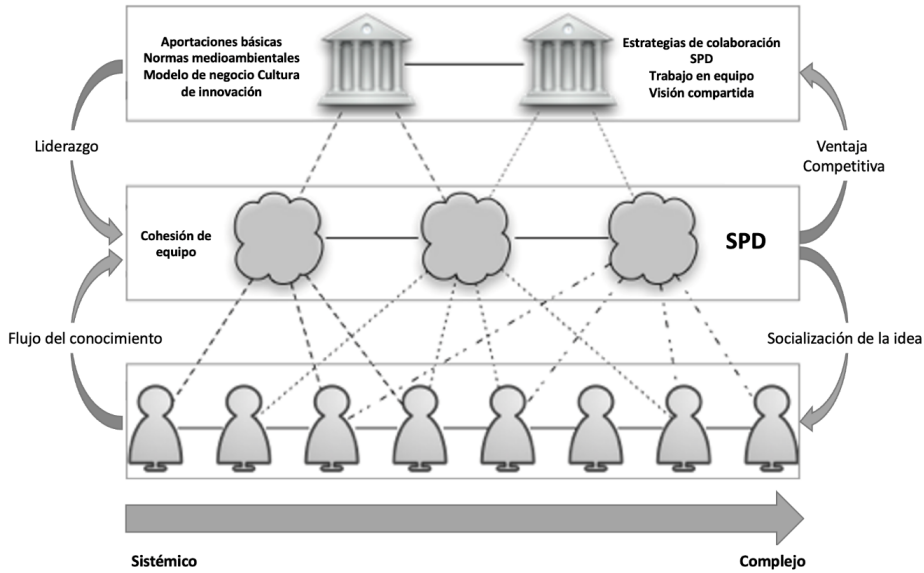
Fuente: elaboración propia.

Marco SPD desde complejidad

El sistema involucra actores con incentivos distintos, normas compartidas, tecnologías de coordinación y reglas de decisión transparentes. La dinámica es no lineal, pequeñas señales de la comunidad pueden orientar grandes cambios en el *backlog*. La gobernanza se diseña como condiciones que activan cooperación, no como control centralizado. Mecanismos clave: reglas simples de contribución, retroalimentaciones visibles, memoria de aprendizajes y adaptación continua del proceso según el desempeño observado.

La figura 8.2 muestra tres niveles interconectados que explican cómo aumenta la complejidad en entornos de trabajo sistémicos. En la base (nivel micro) están las personas, cuyas interacciones generan un flujo de conocimiento distribuido (líneas punteadas).

Figura 8.2. Niveles de complejidad en SPD



Fuente: elaboración propia con base en Ahumada-Tello y Evans (2023).

En el nivel intermedio (meso) aparecen los equipos y la cohesión que articula el marco de social product development (SPD), aquí se socializan ideas y se coordinan ciclos de codesarrollo. En la parte superior (macro) se ubican las instituciones y la dirección que definen insumos básicos (reglas del entorno, modelo de negocio, cultura de innovación) y estrategias de colaboración (visión compartida, trabajo en equipo) que orientan y habilitan las dinámicas de abajo. Las flechas laterales indican cómo el liderazgo incide sobre equipos e individuos y cómo, al mismo tiempo, la socialización de ideas desde la base retroalimenta decisiones; cuando estas capas están alineadas, el sistema convierte aprendizaje distribuido en ventaja competitiva. La barra inferior resume el tránsito de lo sistémico a lo complejo a mayor número de actores, reglas y retroalimentaciones entre niveles, mayor complejidad y potencial de innovación emergente.

Discusión y conclusiones

Discusión

En el contexto actual, con tecnologías que cambian rápido, cadenas de suministro repartidas por el mundo y plataformas que conectan a millones de personas, SPD ayuda a convertir la participación de comunidades y usuarios en decisiones concretas de diseño. Lo valioso es que reconoce que todo está conectado: clientes, equipos internos, socios, reguladores y datos influyen unos en otros. Pequeños ajustes en reglas, incentivos o en la forma en que fluye la información pueden generar efectos grandes en la adopción de soluciones. Por eso, SPD funciona mejor cuando hay gobernanza clara, métricas compartidas y espacios abiertos para idear, prototipar y aprender sin perder de vista la seguridad y la propiedad intelectual.

Desde una mirada realmente holística, SPD no busca optimizar piezas por separado, sino crear condiciones para que las interacciones entre esas piezas produzcan buenos resultados. Eso implica asegurar la interoperabilidad técnica, curar y documentar aportes, y mantener trazabilidad de decisiones para que el aprendizaje sea acumulativo y distribuido. Con ese andamiaje, los insumos clave del ecosistema, como propósito, personas, tecnología y datos bien gobernados, se transforman en resultados como innovación, adaptación, productividad y bienestar. En resumen, SPD alinea la creatividad social con los objetivos del negocio y de la política pública, y gestiona tensiones como velocidad frente a calidad o autonomía frente a alineamiento sin perder la coherencia del conjunto.

SPD convierte aportes de comunidades y usuarios en acciones para priorizar y diseñar soluciones sin control central. En este caso, la coordinación depende de reglas simples, retroalimentaciones visibles y métricas compartidas que orientan la acción colectiva en contextos de alta interdependencia regional e industrial (Baldwin et al., 2024; Beresford-Dey et al., 2024).

La apertura de datos y de prototipos en SPD convive con necesidades de protección de conocimiento. La literatura reciente sobre propiedad intelectual muestra que el régimen de derechos puede facilitar colaboración si define con claridad qué se comparte, cuándo y en qué condiciones, y si

aclara la captura de valor por parte de los distintos actores (Nuechterlein et al., 2023; Suominen et al., 2023).

La gobernanza de datos integra clasificación por sensibilidad, permisos, retención y uso secundario, y debe enlazarse con principios de transparencia y rendición de cuentas que las investigaciones en plataformas y datos consideren necesarios para sostener legitimidad y cooperación (Mirghaderi et al., 2023; Teh, 2022).

El funcionamiento del ecosistema se puede leer como una cadena que conecta insumos con resultados. Los resultados esperados son innovación, adaptación, productividad y bienestar, medidos con indicadores de proceso y de resultado. Esta lógica de insumo a resultado encaja con el giro de los estudios de innovación basada en ecosistemas y con la evidencia sobre inteligencia colectiva como atributo medible de grupos y redes (Baldwin et al., 2024; Riedl et al., 2021).

Implicaciones gerenciales y de política organizacional

Para que la SPD funcione en la práctica, los equipos directivos necesitan crear un entorno donde las ideas fluyan y se conviertan rápido en aprendizaje útil. Esto implica definir con claridad quién hace qué, medir no solo entregables sino también el tiempo que tardamos en obtener perspectivas de innovación, la adopción de prototipos y la operación de un portafolio. También requiere alinear incentivos con aportes de calidad, asegurar operabilidad técnica y documentar decisiones para que la organización aprenda de forma acumulativa (Eke y Stahl, 2024; Mirghaderi et al., 2023).

A nivel de reglas y procesos, la organización debe establecer un marco claro para datos y propiedad intelectual que permita colaborar sin poner en riesgo seguridad, privacidad ni captura de valor. Además, conviene exigir estándares abiertos para evitar bloqueos y formar un equipo de plataforma que integre producto, datos, legal y TI, promover inclusión y accesibilidad para ampliar la base de participantes, y rendir cuentas periódicas (Baldwin et al., 2024).

Conclusiones y agenda de investigación

El análisis presenta un marco para integrar SPD en ecosistemas organizacionales que aprenden. La discusión transversal identifica puntos de convergencia en co-creación distribuida y generación de valor emergente. También delimita tensiones en propiedad intelectual, ritmo de desarrollo y alineamiento, y propone lineamientos de gobernanza de plataformas y datos con base en literatura reciente. Se sugiere un modelo que enlaza propósito, personas, tecnología y datos con resultados de innovación, adaptación, productividad y bienestar, y un *playbook* de implementación gradual con métricas de seguimiento (Baldwin et al., 2024).

Entre las líneas futuras de trabajo se observa atender las métricas de inteligencia colectiva aplicadas a redes abiertas que combinen desempeño de equipos, diversidad de contribuyentes y procesos de toma de decisión, ampliando trabajos que han mostrado la existencia de un factor de inteligencia de grupo. Además, la ética de los factores tecnológicos y humanos organizacional, en la perspectiva de promoción y prueba de modelos, sesgos y trazabilidad en el proceso de toma de decisiones. También el diseño de incentivos que equilibren apertura hacia los usuarios y colaboradores de valor mediante licencias y contratos que promuevan colaboración sostenida. Finalmente, hacer énfasis en estudios longitudinales que midan efectos de gobernanza de plataformas y de datos sobre innovación y bienestar regional, considerando condiciones de frontera y aprendizaje institucional en distintos sectores (Mirghaderi et al., 2023; Riedl et al., 2021).

Referencias

- Ahumada-Tello, E., y Evans, R. (2023). A Complexity-Based Framework for Social Product Development. *Procedia CIRP*, 119, 1204–1209. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.05.009>
- Alexander, J., y Fernandez, K. (2025). Rethinking Change: Complexity Theory and Its Application to Human Service Nonprofits. *Public Administration Quarterly*, 49(1), 43–57. <https://doi.org/10.1177/07349149241281954>
- Arias Valencia, M. M. (2022). Principles, Scope, and Limitations of the Methodological Triangulation. *Investigación y Educación en Enfermería*, 40(2), e03.

- Baldwin, C. Y., Bogers, M. L. A. M., Kapoor, R., y West, J. (2024). Focusing the Ecosystem Lens on Innovation Studies. *Research Policy*, 53(3), Artículo 104949. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2023.104949>
- Beresford-Dey, M., Howden, S., y Martindale, L. (2024). Complexity Leadership Theory and its application in higher education: using duoethnography to explore enabling leadership during a time of uncertainty. *International Journal of Leadership in Education*, 1–26. <https://doi.org/10.1080/13603124.2024.2361667>
- Cherepanov, V., Popov, E., y Simonova, V. (2021). Bionic Organization as A Stage of Production Enterprise Development in A Digital Transformation Process. *E3S Web of Conferences*, 250, Artículo 03003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125003003>
- Dawson, S. (2023). Embracing Uncertainty and Complexity to Promote Teaching and Learning Innovation. *Pacific Journal of Technology Enhanced Learning*, 5(1), 15–16. <https://doi.org/10.24135/pjtel.v5i1.171>
- Drisko, J. W. (2025). Transferability and Generalization in Qualitative Research. *Research on Social Work Practice*, 35(1), 102–110. <https://doi.org/10.1177/10497315241256560>
- Efremov, V., Vladimirova, I., y Kolganova, E. (2023). Dialectics of Complexity, Emergence and Management. *Serbian Journal of Management*, 18(2), 211–223. <https://doi.org/10.5937/sjm18-42302>
- Eke, D., y Stahl, B. (2024). Ethics in the Governance of Data and Digital Technology: An Analysis of European Data Regulations and Policies. *Digital Society*, 3(1), 11. <https://doi.org/10.1007/s44206-024-00101-6>
- Gawer, A. (2022). Digital Platforms and Ecosystems: Remarks on The Dominant Organizational Forms of The Digital Age. *Innovation*, 24(1), 110–124. <https://doi.org/10.1080/14479338.2021.1965888>
- Gilpin, D. R. (2024). Complexity and Emergent Innovation In Public Universities. *Transylvanian Review of Administrative Sciences*, 25–32. <https://doi.org/10.24193/tras.SI2024.4>
- Jacobides, M. G., Brusoni, S., y Candelon, F. (2021). The Evolutionary Dynamics of the Artificial Intelligence Ecosystem. *Strategy Science*, 6(4), 412–435. <https://doi.org/10.1287/stsc.2021.0148>
- Lee, M., y Kim, B. (2023). Effect of Employee Experience on Organizational Commitment: Case of South Korea. *Behavioral Sciences*, 13(7), 521. <https://doi.org/10.3390/bs13070521>
- Mirghaderi, L., Sziron, M., y Hildt, E. (2023). Ethics and Transparency Issues in Digital Platforms: An Overview. *AI*, 4(4), 831–844. <https://doi.org/10.3390/ai4040042>
- Nuechterlein, A., Rotenberg, A., LeDue, J., Pavlidis, P., y Illes, J. (2023). Open Science in Play and in Tension with Patent Protections. *Journal of Law and the Biosciences*, 10(2). <https://doi.org/10.1093/jlbb/lsad016>
- Pacheco, C., y Paul, B. (2025). Applying Complexity Theory Perspective to Knowledge Management in The Innovation Context. *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems*, 55(2), 421–444. <https://doi.org/10.1108/VJIKMS-08-2022-0279>
- Riedl, C., Kim, Y. J., Gupta, P., Malone, T. W., y Woolley, A. W. (2021). Quantifying Collec-

- tive Intelligence in Human Groups. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(21). <https://doi.org/10.1073/pnas.2005737118>
- San Miguel, M. (2023). Frontiers in Complex Systems. *Frontiers in Complex Systems*, 1. <https://doi.org/10.3389/fcpxs.2022.1080801>
- Sibbald, S. L., Paciocco, S., Fournie, M., Van Asseldonk, R., y Scurr, T. (2021). Continuing to Enhance the Quality of Case Study Methodology in Health Services Research. *Healthcare Management Forum*, 34(5), 291–296. <https://doi.org/10.1177/08404704211028857>
- Suominen, A., Deschryvere, M., y Narayan, R. (2023). Uncovering Value Through Exploration of Barriers - A perspective on Intellectual Property Rights in a National Innovation System. *Technovation*, 123, Artículo 102719. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102719>
- Tavares, M. C., Vale, J., y Costa, A. (2024). The Role of Decentralised Managers in Decision-Making in a Large Industrial Company. *Administrative Sciences*, 14(9), 202. <https://doi.org/10.3390/admsci14090202>
- Teh, T.-H. (2022). Platform Governance. *American Economic Journal: Microeconomics*, 14(3), 213–254. <https://doi.org/10.1257/mic.20190307>
- Wang, Y., Wang, X., Tao, F., y Liu, A. (2021). Digital Twin-Driven Complexity Management Intelligent Manufacturing. *Digital Twin*, 1(2), 9. <https://doi.org/10.12688/digitaltwin.17489.1>

Sobre los autores

Salgado Soto, María del Consuelo

Doctora en Educación por la Universidad del Pacífico Norte (México). Obtuvo el grado de Maestría en Ciencias Computacionales y la Licenciatura en Informática en el Instituto Tecnológico de Tijuana (México). Realizó una estancia posdoctoral en el Centro de Ciencias de la Complejidad, UNAM (México). Se ha desempeñado como Coordinadora del programa educativo de Licenciado en Inteligencia de Negocios y de la Licenciatura en Informática. Cuenta con el Perfil Prodep. Es profesor-investigador y realiza investigaciones orientadas a la línea de generación del conocimiento del cuerpo académico Inteligencia de Negocios e Innovación Organizacional del cual es miembro. Durante su trayectoria ha participado en congresos nacionales e internacionales, ha publicado en revistas. Recientemente participó como coautora en la publicación de un artículo, *A Multimodal Low Complexity Neural Network Approach for Emotion Recognition (2025)*.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2939-9388>

Osuna Millán, Nora del Carmen

Doctora en Educación por la Universidad del Pacífico Norte. Obtuvo la Maestría en Ciencias en Ciencias Computacionales por el Instituto Tecnológico de Tijuana, y la Licenciatura en Sistemas Computacionales por la Universidad de Occidente. Además realizó un posdoctorado en Ciencias de la Complejidad (UNAM). Es Subdirectora en la Facultad de Contaduría y Administración UABC Tijuana. En la actualidad es Investigador Nacional nivel I por la SECIHTI, donde realiza investi-

gaciones sobre innovación, tecnología, educación, complejidad, autismo entre otros, también cuenta con el reconocimiento del Prodep avalado por la SEP y certificación académica por ANFECA (Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Contaduría y Administración). Recientemente ha publicado diversos artículos científicos y el libro *Tópicos para la gestión en la innovación*, es coautor de varios prototipos de software registrados ante el Indautor.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5719-7682>

SCOPUS ID: 57190299542

GOOGLE ACADÉMICO: <https://scholar.google.com/citations?user=SalOgIoAAAA-J&hl=es>

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/Nora-Osuna-Millan>

Ramírez Ramírez, Margarita

Doctora en Educación y cuenta con un Posdoctorado en Complejidad por la UNAM; Maestría en Ciencias Computacionales por el Instituto Tecnológico de Tijuana, Maestría en Desarrollo Humano por la Universidad Iberoamericana del Noroeste y una Licenciatura en Informática, Especialidad en Docencia, por la UABC. Directora de la Facultad de Contaduría y Administración. SNI nivel I. Certificación ANFECA. Líder de CA Inteligencia de Negocios e Innovación organizacional. Tecnologías de Información, Complejidad, Comportamiento humano. Publicaciones recientes: *Information System in Support of Health of Children with Congenital Heart Disease* (2022), *La Educación desde una perspectiva de la complejidad* (2021).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4252-4289>

SCOPUS ID: 55933725500

GOOGLE ACADÉMICO: https://scholar.google.com/citations?user=_MP-c2p8AAAAJ&hl=es

Rosales-Cisneros, Ricardo Fernando

Doctor en Ciencias de la Computación y Doctor en Ciencias Administrativas y obtuvo la Maestría en Tecnologías de la Información y Comunicación por la Universidad Autónoma de Baja California y la Licenciatura de Ingeniería en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de Durango. Además realizó un posdoctorado en Ciencias de la Complejidad (UNAM) y actualmente realiza un segundo posdoctorado en el TecNM sobre tecnología y autismo. En la actualidad es Investigador Nacional nivel I por la SECITI, donde realiza investigaciones sobre

innovación, tecnología, educación, complejidad, autismo entre otros; también cuenta con el reconocimiento del Prodep avalado por la SEP. Recientemente ha publicado artículos científicos y libros, es coautor de varios prototipos de software registrados ante el Indautor.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0266-2951>

GOOGLE ACADÉMICO: <http://scholar.google.com/citations?user=aqof2RQAAAA-J&hl=es>

Ahumada-Tello, Eduardo

Doctor en Ciencias Administrativas (UABC) y Doctor en Educación (Universidad Iberoamericana). Maestro en Administración General (UABC) y en Psicología Familiar (CIDH). Especialista en Programación Avanzada de Sistemas (CETYS), en Estudios de la Frontera México–Estados Unidos y en Migración Internacional (El COLEF) e Ingeniero en Computación (UABC). Profesor-Investigador de Tiempo Completo en la Facultad de Contaduría y Administración de la UABC, Campus Tijuana. Miembro del SNI nivel II (2026–2030). Integra asociaciones como IEEE TEMS—donde es Vicepresidente de Actividades Técnicas—, ACACIA y la REO. Participa en redes Synkrotima y de Estudios en Complejidad y Gestión Organizacional. Sus líneas de investigación abarcan gestión de la felicidad y bienestar, IA para innovación y productividad en servicios, inteligencia de negocios y ciencia de datos, y transformación digital y complejidad organizacional. Algunas de sus publicaciones más recientes son en las revistas de *Humanities and Social Sciences Communications* (2025), *Machine Learning and Knowledge Extraction* (2025), *Revista Empresa y Humanismo* (2025) y *IEEE Engineering Management Review* (2025).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1698-5126>

SCOPUS ID: 42960924400

ACADEMIA: <https://uabc.academia.edu/EduardoAhumadaTello>

GOOGLE ACADÉMICO: <https://scholar.google.com/citations?user=oPUvK3YAAAA-J&hl=es&oi=ao>

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/Eduardo-Ahumada-Tello>

Berra Barona, Claudia

Doctora en Ciencias Administrativas y Maestra en Administración por la Universidad Autónoma de Baja California (México), es Maestra en Ciencias de la Enseñanza y Licenciada en Administración por el Instituto Tecnológico de Oaxaca

(México). Actualmente es profesora investigadora en la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Baja California en donde realiza actividades de docencia, investigación y gestión, es Líder del Cuerpo Académico en Formación “Habilidades Socioemocionales en las Organizaciones” y miembro del Sistema Nacional de Investigadores e Investigadores (SNI) de México nivel I. Su principal línea de investigación y aplicación del conocimiento está vinculada al desarrollo de habilidades socioemocionales mediante investigaciones científicas, publicaciones académicas y la creación de materiales didácticos electrónicos y audiovisuales. Ha participado en redes de investigación nacionales e internacionales, congresos, ponencias y proyectos interdisciplinarios, es productora académica y locutora del Podcast “Emociones en Conexión”, transmitido por UABC Radio. Publicaciones recientes: *Habilidades socioemocionales y su impacto en redes sociales en el siglo XXI* (2024) y *Effect of Virtual Learning Environments on Interpersonal Skills in Bachelor* (2025) del cual es coautora.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9069-4012>

SCOPUS ID: 57218385937

GOOGLE ACADÉMICO: <https://scholar.google.com/citations?hl=es&user=Q2u-QA6IAAAAJ>

Blas Flores, Julio Octavio

Maestro en Contaduría por la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), con Especialidad en Fiscal por la UABC y Contador Público por la UABC. Ha sido Director de la Facultad de Contaduría y Administración (FCA), Subdirector Administrativo y Subdirector Académico de la misma Facultad, Coordinador de la Maestría en Impuestos y docente en licenciatura y posgrado en la FCA, impartiendo asignaturas de impuestos y finanzas. Participó en la Comisión de Estudios Fiscales de la FCA. Ha participado en los procesos de acreditación de Licenciatura en Contaduría (L. C.) ante organismo nacionales e internacionales CACECA y ACBSB, también Coordinó los trabajos de modificación y/o reestructuración de los planes de estudios de Lic. en Contaduría, Lic. en Administración de Empresas, Lic. en Informática y Lic. en Negocios Internacionales de la FCA. Actualmente coordina el Área de Impuestos de la Licenciatura de Contaduría de la FCA y es profesor investigador, L. G. A. C: Estudios Fiscales-Financieros, Gestión del Conocimiento y Competitividad, Es académico certificado en Contaduría Pública por ANFECA y cuenta con perfil Prodep, representa a la UABC como Síndico del Contribuyente

ante la SHPC, ha participado en diversos cursos de actualización profesional. Coautor, expositor o ponente en diversos foros y congresos de investigación y docencia. Publicaciones recientes: libro *Trabajo colaborativo como herramienta docente: elemento crucial para la generación de cohesión y sinergia* (2023) y los artículos “Materialidad de las Operaciones ante la Autoridad Fiscal” del (2022) y “La Inteligencia Artificial en la Formación Contable y sus Implicaciones en el Aprendizaje Estudiantil” (2024) de los cuales es coautor.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8373-0978>

Castañón-Puga, Manuel

Maestro en Ciencias de la Computación en el Instituto Tecnológico de Tijuana. Posteriormente, obtuvo el grado de Doctor en Ciencias en la Universidad Autónoma de Baja California en México. Actualmente trabaja como Profesor Titular e Investigador en la Facultad de Química e Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California en México. Sus principales áreas de especialización incluyen ciencias de la computación e ingeniería de software, donde enseña estos temas a estudiantes de licenciatura y posgrado. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNI) nivel I, de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) en México. Forma parte de la “Red de colaboración entre el profesorado de la SDSU y la UABC para el desarrollo del Valle de Guadalupe”; la red internacional de colaboración académica Smart Cities, Sustainable Development, Engineering, Knowledge and Innovation Management; Collective Intelligence, Complex Systems, and Happiness Management; la red internacional de colaboración Synkrotima Research Group; la Red Iberoamericana de Ciencias Sociales Computacionales, y las redes institucionales de “Evaluadores para el diseño de experiencias de aprendizaje basadas en tecnologías emergentes” e “Inteligencia artificial” de la UABC.

Su investigación en modelado y simulación, simulación basada en agentes, agentes híbrido-inteligentes y sistemas multiagente, explora cómo los agentes de software pueden describir entornos multidimensionales, así como los procesos de innovación, evolución y adaptación en sistemas complejos adaptativos. Como líder del grupo académico “Complejidad y computación”, colabora con investigadores y científicos multidisciplinarios para crear simulaciones computacionales multidimensionales de sociedades, ideologías políticas, economías de mercado y paisajes urbanos. Su trabajo también busca incorporar las ideas de la complejidad en la

ingeniería convencional, en particular en su enseñanza a nivel de licenciatura. Publicaciones recientes: Romero-Gómez, D., Ahumada-Tello, E., Evans, R., y Castañón-Puga, M. (2024). *Exploring the determinants of happiness in Mexico: The interplay of social networks, psychological well-being, and socioeconomic factors. Transactions on Energy Systems and Engineering Applications*, 5(2). <https://doi.org/10.32397/tesea.vol5.n2.636>; y Castañón-Puga, M., Rosales-Cisneros, R. F., Acosta-Prado, J. C., Tirado-Ramos, A., Khatchikian, C., y Aburto-Camaclanqui, E. (2023). *Earned Value Management Agent-Based Simulation Model. Systems*.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2890-512X>

SCOPUS ID: 57191350129

ACADEMIA: <https://uabc.academia.edu/CastanonPuga>

GOOGLE ACADÉMICO: <https://scholar.google.com.mx/citations?user=NT3Wz-GAAAAAJ&hl=es>

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/Manuel-Castanon-Puga>

Cruz, Ivonne Jacqueline

Doctora en Ciencias Administrativas por la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), institución en la que también obtuvo la Maestría en Administración y la Licenciatura en Administración de Empresas. Se desempeña como profesora de licenciatura y posgrado en la UABC. A partir del 1 de enero de 2026, cuenta con el reconocimiento de Candidata al SNII por parte de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación. Forma parte del Cuerpo Académico en Formación CA-386 “Habilidades Socioemocionales en las Organizaciones”. Recientemente publicó el artículo “Effect of Virtual Learning Environments on Interpersonal Skills in Bachelor” en la revista *Developments and Advances in Defense and Security: Proceedings of MICRADS 2024*, a través de la plataforma Springer. Asimismo, es autora del capítulo “Las habilidades intrapersonales: desarrollo interno” incluido en el libro *La cuarta revolución industrial: habilidades necesarias en una sociedad del conocimiento* (ISBN: 978-607-607-837-2).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9382-4719>

SCOPUS ID: 57817862600

GOOGLE ACADÉMICO: <https://scholar.google.com/citations?user=2mmlDV-sAAAAAJ&hl=es>

Cutti Riveros, Lourdes

Doctora en Ciencias Educativas por el Instituto de Investigación y Desarrollo Educativo (IIDE) de la UABC y cuenta con una Maestría en Formación Docente por la Universidad Pedagógica Nacional. Es miembro nivel I del Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Ha coordinado la creación del programa de Maestría en Actividad Física para la Salud y se ha desempeñado como responsable del área de formación y seguimiento docente, así como Coordinadora de Investigación y Posgrado en la Facultad de Deportes, campus Tijuana, de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Actualmente, es profesora investigadora, imparte clases en licenciatura y posgrado, y es responsable del área de seguimiento y actualización curricular. Entre sus publicaciones recientes destacan los libros *Alimentos ultra-procesados, obesidad, estilos de vida saludable y sostenible* (2023) y *Promoción de la actividad física. Fundamentos teóricos y estrategias en entornos multisectoriales* (2024), así como el capítulo de libro en coautoría titulado “Estrategias para una alimentación responsable y sostenible” (2025).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3221-9256>

Flores Sánchez, Carlos Alberto

Doctor en Ciencias Económicas. Profesor e investigador en la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), de la Facultad de Contaduría y Administración, donde actualmente desarrolla labores académicas en docencia e investigación. Actualmente coordina el centro evaluador de la Red Conocer en la FCA, y coordinador del área de emprendimiento. Ingeniero en computación, con Maestría en Administración de Empresas y Doctorado en Ciencias Económicas por la UABC. Sus principales líneas de investigación se centran en gestión de la innovación, transformación digital y economía de la innovación. SNI nivel I. Publicaciones recientes: participo como autor en el artículo “Instituciones de Educación Superior, un sistema complejo en transformación digital” (2024) y como coautor en el artículo “Saberes digitales adquiridos por los estudiantes de la UABC en la pandemia COVID-19” (2024).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1516-166X>

SCOPUS ID: 57202401132

GOOGLE ACADÉMICO: <https://scholar.google.com/citations?hl=es&user=2Z2N-REIAAAAJ>

Flores-Parra, Josue-Miguel

Maestro en Ciencias de la Computación por la Universidad Autónoma de Baja California y la Licenciatura de Ingeniería en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de Culiacán. Se ha desempeñado como coordinador de área académica en análisis de datos y profesor-investigador de licenciatura y posgrado en la Universidad Autónoma de Baja California. Cuenta con el reconocimiento del Prodep avalado por la SEP. Miembro del Cuerpo Académico Consolidado de Innovación y Desarrollo Regional. Sus principales líneas de investigación son ciencia de datos aplicada a la inteligencia de negocios; complejidad y sistemas sociotécnicos; simulación basada en agentes; tecnologías educativas y analítica del aprendizaje. Recientemente ha publicado artículos científicos y libros, es coautor de varios prototipos de software registrados ante el Indautor.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1424-4498>

SCOPUS ID: 56031455600

GOOGLE ACADÉMICO: <https://scholar.google.com/citations?hl=es&user=QHiwRD4AAAAJ>

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/Josue-Flores-Parra>

Hurtado Sánchez, Carlos

Doctor en Ciencias de la Computación en la Universidad Autónoma de Baja California, en la Facultad de Ingeniería Ingeniero en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico de Tijuana (TecNM ITT) en Baja California, México, en 2010. Maestro en Tecnologías de Información y Comunicación en la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), en la Facultad de Administración, en 2013. Actualmente es jefe de proyectos de investigación del departamento de Ciencias Económico-Administrativas en el Tecnológico Nacional de México campus Tijuana. Sus intereses de investigación en el campo de las ciencias de la computación incluyen el desarrollo móvil, la ciencia de datos y la inteligencia artificial, en áreas como la educación, la salud y la inclusión. En el área de administración investiga sobre competencias profesionales, digitalización y habilidades blandas. El profesor-investigador ha publicado por más de 10 años en diversas revistas, ha dirigido residencias profesionales y tesis de licenciatura y posgrado. Posee el perfil deseable Prodep y ha dirigido y participado en proyectos de investigación financiados por el TecNM; es parte del cuerpo Académico Aplicación y desarrollo de telecomunicaciones. Actualmente es profesor-investigador y miembro del Sistema Nacional

de Investigadoras e Investigadores nivel I de la SECIHTI. Recientemente publicó el artículo “Análisis de aplicación web con visión artificial para el aprendizaje de la Lengua de Señas Mexicana” (2025) y es coautor del artículo “Sistema de transmisión y recepción bioseñales cardíacas mediante RF” (2025).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9913-592X>

SCOPUS ID: 57202400961

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Hurtado-Sanchez>

Meza Fregoso, Juan Antonio

Doctor en Ciencias Económicas por la Universidad Autónoma de Baja California, Maestro en Desarrollo Económico Local por la Universidad Autónoma de Nayarit e Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de Tepic. Actualmente se desempeña como Profesor Ordinario de Carrera Titular “C” de Tiempo Completo y Coordinador de Matemáticas y Capacitación Docente en la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Baja California, campus Tijuana. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores del Conahcyt con nivel I (2023–2027) y ha sido candidato en los periodos 2016–2018 y 2019–2020, en el mismo periodo ha obtenido el perfil deseable de Prodep. Pertenece al Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), a la Academia Mexicana de Investigación Turística y a la Red de Investigación del Instituto de Estudios para el Futuro. Forma parte del Cuerpo Académico Consolidado “Complejidad, Gestión e Innovación en las Organizaciones” (UABC-CA-286) y colabora con diversas universidades nacionales e internacionales como la Universidad Autónoma de Nayarit, San Diego State University, Universidad Autónoma de Sinaloa, Universidad Nacional Autónoma de México, University of Westminster, Trinity University y la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, entre otras. Sus principales líneas de investigación se centran en la innovación educativa y la Educación 4.0, la transformación digital y los sistemas de información en instituciones de educación superior y MiPyMEs, la modelación estadística aplicada y el estudio de la complejidad en los procesos organizacionales. Entre sus publicaciones más recientes destacan *Analysis of the use of e-commerce in Baja California, Mexico: higher education students 2023* (International Journal of Education Economics and Development, 2025) y *Transforming Higher Education: The Role of ICT in Baja California Before and After the COVID-19 Pandemic* (IEEE COLCOM, 2024).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9780-5873>

GOOGLE ACADÉMICO: <https://scholar.google.com/citations?user=osnzQnAAAAAJ&hl=es>

Plazola Rivera, María Soledad

Maestra en Administración, Especialista en Docencia y Contador Público por la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Ha sido coordinadora de la Licenciatura en Contaduría (LC) y docente en licenciatura y posgrado en la Facultad de Contaduría y Administración (FCA), impartiendo asignaturas de contabilidad e impuestos. Representó a la UABC como Síndico del Contribuyente ante la SHCP y participó en la Comisión de Estudios Fiscales de la FCA. Ha coordinado áreas académicas, procesos de acreditación de LC ante CACECA y ACBSP y modificaciones y/o reestructuraciones al plan de estudios de Contaduría de la UABC. Actualmente coordina el área de Contabilidad Avanzada y es profesora investigadora, centrada en la gestión del conocimiento aplicado a la Contaduría en la educación superior en ciencias económico-administrativas, Es académico certificado en Contaduría Pública por Anfeca, cuenta con perfil Prodep y con Certificación profesional vigente otorgado por la AMCP, A.C., Colegio Profesional en Tijuana, B.C. Ha participado en diversos cursos de actualización profesional. Coautora, expositora o ponentes en diversos foros y Congresos de Investigación y Docencia. Sus publicaciones recientes son el libro *Trabajo colaborativo como herramienta docente: elemento crucial para la generación de cohesión y sinergia* (2023) y el artículo *Uso de las TICs en la Contaduría y su perspectiva*, del (2022), del cual es coautora.

ORCID: <https://orcid.org/0000-001-5623-9940>

Ramírez Moreno, Hilda Beatriz

Doctora en Educación. Profesor-investigador de la Universidad Autónoma de Baja California, Doctorado en Educación, Maestra en Ciencias de la Computación, Investigadora Nacional nivel I del SNI, miembro del Cuerpo Académico Inteligencia de Negocios e Innovación Organizacional, cuenta con Certificación Académica Anfeca y Perfil Prodep. Clases a nivel de licenciatura en la FCA de UABC desde 1997 y nivel posgrado del 2002 a la fecha. Participación en conferencias, talleres y congresos nacionales e internacionales, así como la publicación de libros, capítulos de libros, artículos e investigaciones. Actualmente Coordinadora Investigación y Posgrado de la Facultad de Contaduría y Administración campus Tijuana.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4816-8382>

GOOGLE ACADÉMICO: <https://scholar.google.com/citations?user=LNvcUJ-MAAAAJ&hl=es>

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/scientific-contributions/Hilda-Beatriz-Ramirez-Moreno>

Reyes Rivera, Roberto

Doctor en Administración de Negocios y Maestro en Administración de Negocios Internacionales por Alliant International University, campus San Diego, CA; Graduado del Instituto de Desarrollo Económico de la Universidad de Oklahoma, Norman, OK; Certificado en Desarrollo Económico por el Consejo Desarrollo Económico Internacional; Diplomado en Gestión de Turismo Médico, Universidad del Verbo Encarnado, San Antonio, TX; Licenciado en Administración de Empresas por la Universidad de Guadalajara; miembro distinguido del Colegio Nacional de Licenciados en Administración CONLA-Tijuana; profesor de Planeación Estratégica en la Maestría en Administración de la UABC, campus Tijuana y consultor independiente.

Rodríguez León, Yirandy Josué

Doctorado en Ciencias Administrativas por la UABC, México. Doctorado en Ciencias Administrativas por la UABC, México. Licenciado en Derecho por la UCLV, Cuba, X. Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNI), nivel candidato. Cuenta con la Certificación docente Anfeca y el reconocimiento al Perfil Deseable (Prodep). Sus principales líneas de investigación comprenden las habilidades socioemocionales y productividad. Con publicaciones recientes: Las Redes Sociales y su impacto en las habilidades interpersonales en estudiantes de Negocios Internacionales, Las Redes Sociales y su impacto en las habilidades interpersonales en estudiantes de Negocios Internacionales y Gestión de la calidad en la competitividad en microempresas de Baja California, México

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6640-5364>

Manrique Rojas, Esperanza

Doctora en Educación y profesora reconocida por el Programa para el Desarrollo Profesional Docente (Prodep), forma parte del Cuerpo Académico Inteligencia de Negocios e Innovación Organizacional. Profesora de tiempo completo titular "C" en la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), campus Tijuana. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores y ha desarrollado investigaciones sobre inteligencia artificial aplicada, transformación digital, complejidad y educación apoyada con tecnología. Su producción académica incluye artículos, capítulos y libros especializados, reflejando una trayectoria comprometida con la innovación, la calidad educativa y la responsabilidad social universitaria. Publicaciones mas recientes *Enfoques de comple-*

idad en la transformación digital de la educación de adultos mayores y La Importancia de los Sistemas Complejos y las Estrategias Tecnológicas en la Competitividad Empresarial, ambas en coautoría.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1928-9353>

GOOGLE ACADÉMICO: https://scholar.google.com/citations?user=RJ_KB-P8AAAAJ&hl=es

RESEARCHGATE: <https://www.researchgate.net/profile/Esperanza-Rojas>

Rubio Arriaga, Zurisaddai

Doctora en Ciencias Administrativas por la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), donde obtuvo su Maestría en Administración y la Licenciatura en Contaduría. Se ha desempeñado como profesora de licenciatura y posgrado, así como Coordinadora del Programa Educativo de Licenciatura en Contaduría en la Facultad de Contaduría y Administración. Sus líneas de investigación se centran en la inteligencia artificial y la transformación digital aplicadas a la contaduría pública, la gestión del conocimiento en la educación superior y la innovación docente en las ciencias económico-administrativas. Es Académica Certificada en Contaduría Pública por Anfeca, recientemente publicó el capítulo “La inteligencia artificial en la formación contable y sus implicaciones en el aprendizaje estudiantil” (2024) y el libro *Trabajo colaborativo como herramienta docente: elemento crucial para la generación de cohesión y sinergia* (2023).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6168-4894>

GOOGLE ACADÉMICO: <https://scholar.google.com/citations?hl=es&user=GT-LkYJMAAAAJ>

Sevilla Caro, Maricela

Doctora en Educación, Maestra en Ciencias en Ciencias Computacionales. Reconocimientos: 2018-2026 nivel I del Sistema Nacional de Investigadores SIN, 2005-2026, Reconocimiento Programa de Mejoramiento del Profesorado Prodep. 2009-2026, Reconocimiento Académico Certificado en Informática Administrativa, Anfeca. Cargo Actual: Coordinadora del área académica del CIAD y coordinadora del área de Herramientas Digitales en la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Baja California. Red académica: Miembro del cuerpo académico de Inteligencia de Negocios e Innovación Organizacional. Líneas de Investigación: Tecnologías de la Información y comunicación en la toma de

decisiones. Publicaciones: capítulo de libro, "Inteligencia de Negocios" del libro *Inteligencia de Negocios. Teoría y práctica*, año 2024. Capítulo de libro: "Percepciones estudiantiles sobre la Inteligencia Artificial en el entorno académico: familiaridad, uso, impactos y desafíos". Libro de Civitec, año 2024.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9492-9811>

Zárate Cornejo, Robert Efraín

Doctor en Ciencias Económicas por la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), con maestría en Desarrollo Regional por el Colegio de la Frontera Norte (El Colef). Investigador nacional nivel I del Sistema Nacional de Investigadores del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (Conahcyt). Profesor titular "C" de tiempo completo en la Facultad de Contaduría y Administración - UABC, donde imparte asignaturas de economía en licenciatura y de sustentabilidad, metodología y seminario de investigación en posgrado. Ha sido profesor invitado en la Universitat de València y en la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga (UNSH), e investigador visitante en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa y de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta (Perú). Cuenta con amplia experiencia profesional en los ámbitos financiero y de planeación y presupuesto: laboró en la Corporación Financiera de Desarrollo (Cofide) y en el Instituto Nacional de Desarrollo (Inade), en Perú. En México ha participado en el diseño y la asesoría de más de 30 programas académicos, todos en operación. Dirige tesis de maestría y doctorado y cuenta con publicaciones en libros y revistas indexadas; su obra más reciente es *Hacia una sociedad sostenible...* (2025). Coordina el Centro de Bioeconomía de Baja California y lidera el CA "Innovación y Desarrollo Regional", con enfoque en innovación y desarrollo regional sustentable.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6636-1939>

Complejidad en acción: una guía para el futuro profesional, de María del Consuelo

Salgado Soto, Nora del Carmen Osuna Millán,

Margarita Ramírez Ramírez y Ricardo Fernando Rosales

Cisneros (coords.), publicado por Ediciones Comunicación

Científica, S. A. de C. V., se terminó de imprimir en abril de 2026,

Litográfica Ingramex, S. A. de C. V., Centeno 162-1, Granjas Esmeralda,

09810, Ciudad de México. El tiraje fue de 25 ejemplares impresos y en versión digital para acceso abierto en los formatos PDF, EPUB y HTML. Maquetación

de Gaspar Cruz Hernández. El cuidado de la edición estuvo a cargo de

Aleida Hernández Loyola

Complejidad en acción: una guía para el futuro profesional aborda temas relacionados con los retos y oportunidades que enfrentan los profesionales en contextos organizacionales y académicos contemporáneos. Además, reúne las aportaciones de docentes de la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Baja California, quienes —desde sus respectivas áreas de especialización— presentan reflexiones y análisis orientados a comprender la complejidad de los fenómenos actuales en el ámbito profesional.

La obra se sustenta en un enfoque teórico-práctico que permite examinar diversos conceptos, perspectivas y problemáticas relacionadas con el desarrollo profesional, la gestión organizacional y el uso estratégico del conocimiento, y nos invita a reflexionar sobre la complejidad que caracteriza los entornos profesionales contemporáneos en los que interactúan factores económicos, sociales y tecnológicos que influyen en la toma de decisiones y en la dinámica organizacional. La obra destaca también la diversidad de perspectivas académicas que enriquecen el análisis de los temas abordados, lo cual permite ofrecer una visión amplia sobre los desafíos que enfrentan los profesionales en las áreas administrativas y organizacionales.

El libro constituye una referencia útil para estudiantes, investigadores y profesionales interesados en las áreas de Inteligencia de Negocios, Administración, Contaduría y Negocios Internacionales, en un contexto de complejidad.



María del Consuelo Salgado Soto es Profesora-investigadora de la UABC. Doctora en Educación con posdoctorado en Complejidad Social por la UNAM. Investigadora y autora en el área de TIC. Cuenta con perfil PRODEP.



Nora del Carmen Osuna Millán es Profesora-investigadora de la UABC. Doctora en Educación con posdoctorado en Complejidad Social por la UNAM. Miembro del SNII, nivel I, del SECIHTI. Cuenta con perfil PRODEP.



Margarita Ramírez Ramírez es Doctora en Educación con posdoctorado en Complejidad por la UNAM. Líder del CA Inteligencia de Negocios e Innovación Organizacional. Cuenta con perfil PRODEP y es mérito académico 2020. Miembro del SNII, nivel I, del SECIHTI.



Ricardo Fernando Rosales Cisneros es Profesor-investigador de la UABC. Doctor en Ciencias y Ciencias Administrativas, con posdoctorado en Complejidad por la UNAM. Miembro del SNII, nivel I, del SECIHTI. Cuenta con perfil PRODEP.



Dimensions



2000922



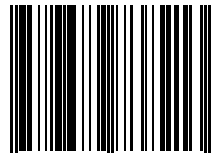
DOI.ORG/10.52501/CC.395



EDICIONES
COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA PUBLICATIONES
ARBITRADAS

comunicacion-cientifica.com

ISBN: 978-968-9736-21-3



9 789689 738213