

*Tesorero Honorario de la Confederación Iberoamericana de Medicina Familiar (CIMF-WONCA) CEO de la Federación Mexicana de Especialistas y Residentes en Medicina Familiar. Jefe de Área Médica en Calidad Educativa, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), México

El presente es un artículo *open access* bajo licencia:

CC BY-NC-ND

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Recibido: 22-10-25

Aceptado: 11-12-25

Correspondencia:

Dr. Gad Gamed Zavala Cruz.

Correo electrónico:

gad.qubit.mf.globalcomplex@gmail.com

Declaración de Conflictos de Intereses:

El autor declara que no existen conflictos de intereses relevantes relacionados con la publicación de este manuscrito. No se recibió financiamiento externo, becas institucionales, apoyo de la industria farmacéutica ni incentivos económicos que pudieran influir en el diseño del estudio y la redacción del manuscrito ni la decisión de enviarlo para publicación.

ORCID: 0000-0001-6624-5746

Caos e incertidumbre en los sistemas adaptativos de salud: el papel de la Medicina Familiar contemporánea

Chaos and uncertainty in adaptive health systems: the role of contemporary Family Medicine

Caos e incerteza em sistemas de saúde adaptativos: o papel da Medicina de Família contemporânea

Gad Gamed Zavala Cruz.*

DOI: 10.62514/amf.v28i1.209

Resumen

El propósito de este artículo es articular un marco teórico con fundamento científico y orientación pragmática en el cual los tres arquetipos fundamentales: *Gestor*, *Humanista* e *Innovador* constituyan configuraciones adaptativas frente a la incertidumbre y el caos en la atención primaria. Se integran la teoría del caos, el pensamiento complejo y la evidencia en salud pública. En el presente trabajo se ilustran casos como la gobernanza durante la pandemia de COVID-19, las sindemias de multimorbilidad, la demanda de salud mental pospandemia, la resistencia antimicrobiana y la transformación digital. El legado de la Medicina Familiar hacia 2040 será transformar el desorden —en sentido mediante la orquestación ética— (*Gestor*)— el cuidado complejo de la subjetividad y el contexto (*Humanista*) y el aprendizaje iterativo y rediseño continuo (*Innovador*). El caos no debe ser controlado, sino habitado con prudencia, alfabetización en sistemas y claridad moral.

Palabras clave: Medicina Familiar, Incertidumbre, Salud Pública.

Abstract

The purpose of this article is to articulate a theoretical framework with a scientific basis and pragmatic orientation in which the three fundamental archetypes: Manager, Humanist and Innovator constitute adaptive configurations in the face of uncertainty and chaos in primary care. Chaos theory, complex thinking, and public health evidence are integrated. This paper illustrates cases such as governance during the COVID-19 pandemic, multimorbidity syndemics, the post-pandemic mental health demand, antimicrobial resistance, and digital transformation. The legacy of Family Medicine by 2040 will be to transform disorder—through ethical orchestration (*Manager*)—the complex care of subjectivity and context (*Humanist*), and iterative learning and continuous redesign (*Innovator*). Chaos should not be controlled, but rather inhabited with prudence, systems literacy, and moral clarity.

Keywords: Family Practice, Uncertainty, Public Health.

Resumo

O objetivo deste artigo é articular um quadro teórico com base científica e orientação pragmática, no qual os três arquétipos fundamentais: Gestor, Humanista e Inovador constituem configurações adaptativas diante da incerteza e do caos na atenção primária à saúde. A teoria do caos, o pensamento complexo e as evidências em saúde pública são integrados. Este artigo ilustra casos como a governança durante a pandemia de COVID-19, sindemias de multimorbidade, a demanda por saúde mental no pós-pandemia, resistência antimicrobiana e transformação digital. O legado da Medicina de Família até 2040 será transformar a desordem — por meio da orquestração ética (*Gestor*) —, do cuidado complexo da subjetividade e do contexto (*Humanista*) e da aprendizagem iterativa e da reformulação contínua (*Inovador*). O caos não deve ser controlado, mas sim habitado com prudência, conhecimento sistêmico e clareza moral.

Palavras-chave: Medicina de Família, Incerteza, Saúde Pública.

La Medicina Familiar se desenvuelve en *sistemas adaptativos complejos* (SAC) en los que coexisten múltiples agentes, reglas locales y circuitos de retroalimentación que producen resultados emergentes no lineales.¹⁻² En un SAC, la variación mínima puede amplificarse a través de bucles de realimentación y redes sociales, desencadenando transiciones de fase institucionales o clínicas.¹ En este marco, la incertidumbre (epistemológica y operacional) y el caos (sensibilidad a condiciones iniciales, bifurcaciones, atractores) no constituyen fallas de gobernanza, sino propiedades intrínsecas de sistemas vivos que aprenden alejados del equilibrio.³⁻⁶ Para navegar en ese territorio, la práctica del médico familiar requiere alfabetización en sistemas, prudencia ética y competencias de diseño organizacional.¹⁻² En estas condiciones, los tres arquetipos: *Gestor*, *Humanista* e *Innovador*, no son roles rígidos, sino patrones

adaptativos que el profesional activa en tiempo real según la dinámica del entorno.⁷

El tránsito histórico desde la racionalidad lineal hacia una racionalidad compleja ha sido documentado en ciencias de la salud y gestión sanitaria.¹⁻² La evidencia muestra que las soluciones prescriptivas basadas en planes deterministas enfrentan límites cuando actúan sobre fenómenos con acoplamiento fuerte entre niveles (micro clínico, meso organizacional, macro poblacional), tiempos (agudo, crónico, histórico) y dominios (biológico, psicosocial, cultural).¹⁻² La teoría del caos aporta aquí un lenguaje operativo: sensibilidad a condiciones iniciales, atractores que organizan trayectorias, bifurcaciones donde pequeñas diferencias reorientan el sistema, auto-organización (estructuras disipativas que se ordenan mediante flujos de energía/información) y no linealidad (desproporción entre causa y efecto).³⁻⁵ El pensamiento complejo recompone lo disociado: orden, desorden y organización coexisten; el conocimiento es situado; el observador perturba lo observado; el contexto importa.⁶

La pandemia por COVID-19 constituyó un laboratorio natural de caos epidemiológico y de gobernanza. Variaciones pequeñas en densidad de contactos, *timing* de medidas no farmacológicas, velocidad de aprendizaje organizacional y, sobre todo, confianza pública, generaron resultados drásticamente diferentes entre jurisdicciones.⁸ La retroalimentación de segundo orden, la influencia de la percepción social y la infodemia sobre la adherencia, actuó como un atractor epidemiológico que moldeó curvas de transmisión y demanda de servicios.⁸ A nivel micro, la consulta en atención primaria debió integrar un *triage* adaptativo, evaluación sindrómica bajo alta incertidumbre diagnóstica y gestión del riesgo comunicacional con pacientes y familias.¹ A nivel meso, hubo que reconfigurar flujos, escalonar personal, sostener continuidad de cuidados no-COVID (crónicos, oncológicos) y mantener estándares de calidad con resiliencia operacional. A nivel macro, el *timing* de vacunación y la logística de cadena de frío mostraron dinámicas de cuellos de botella y efectos mariposa: demoras de días alteraron escenarios de saturación hospitalaria semanas después.⁸

El Arquetipo Gestor se activa cuando el profesional lee y orquesta estas interdependencias. Su tarea no es controlar el sistema (ilusorio en SAC), sino modular atractores: crear entornos de alta confiabilidad (*high-reliability*), fortalecer bucles de aprendizaje (*after-action reviews*, tableros Kanban/Obeya), reducir entropía institucional (variabilidad inútil) e incrementar absorción de variación allí donde el paciente lo necesita.⁹⁻¹² En COVID-19, el Gestor ancló mecanismos de gobernanza adaptativa: células operativas con ciclos cortos de decisión, reglas simples (*golden*

rules) para escenarios cambiantes y uso prudente de indicadores compuestos (incidencia, Re [Número de reproducción efectivo o tasa de reproducción instantánea], ocupación UCI, ausentismo del personal) para decidir escalamiento adaptativo, en vez de gatillos binarios.⁸⁻⁹ Esta orquestación incorpora retroalimentación de propósito: alinear decisiones con el valor ético de proteger vulnerables, sostener continuidad y minimizar daño colateral (desatención de crónicos, rezagos en tamizaje, salud mental).⁸

La multimorbilidad y la sindemia de enfermedades crónicas ilustran otro espacio caótico: envejecimiento demográfico, polifarmacia, determinantes sociales y carga emocional conforman atractores clínicos que estabilizan biografías de enfermedad.^{9,11} Pequeñas perturbaciones, cambio de un turno de cuidador, pérdida de empleo, duelo, desencadenan bifurcaciones con descompensaciones y uso intensivo de urgencias.¹ Aquí, el Arquetipo Humanista actúa sobre redes de significado: escucha clínica ampliada, formulación narrativa como técnica diagnóstica, co-diseño de planes de cuidado con familia y comunidad, y reconocimiento de señales débiles (fatiga del cuidador, ansiedad subyacente, violencia).¹¹ El Humanista comprende que un acto relacional, una llamada proactiva, una derivación oportuna, un ajuste de metas terapéuticas, puede desplazar el sistema hacia un nuevo atractor de salud.^{8,11} En salud mental post-pandemia, por ejemplo, microintervenciones de apoyo, telepsicología y articulación con recursos comunitarios generaron descensos no lineales de crisis agudas, a pesar de recursos limitados.⁸ En términos técnicos, el Humanista habilita retroalimentación positiva (empoderamiento, agencia) y amortigua retroalimentación negativa (estigma, soledad), reequilibrando el sistema.¹¹

La resistencia antimicrobiana (RAM) aporta un caso de incertidumbre estructural y dinámica caótica a largo plazo. La prescripción a corto plazo, sometida a presión clínica y expectativas del paciente, produce externalidades poblacionales: selección de cepas y alteración del microbioma.¹³ El médico familiar enfrenta aquí incertidumbre epistémica (diagnósticos diferenciales, probabilidades posprueba) y ambigüedad normativa (tensión entre beneficio individual inmediato y daño social potencial).¹³ El Arquetipo Innovador introduce heurísticas de decisión basadas en probabilidad y valor (programas de *antibiotic stewardship* con reglas de parada, retraso prescriptivo, *tests* de punto de atención), retroalimentación en tiempo real (auditorías educativas) e integración de soportes algorítmicos que no reemplacen juicio, sino que expandan la capacidad de pensar en redes.¹³⁻¹⁵ Innovar aquí no es “usar tecnología”, sino diseñar microciclos de aprendizaje que disminuyan variación inapropiada y cambien normas sociales clínicas.^{12,15}

La transformación digital es otra fuente de caos: múltiples sistemas, interoperabilidad limitada, divergencia semántica entre catálogos, curvas de aprendizaje dispares. Los intentos de estandarización rígida suelen fallar porque subestiman la ecología sociotécnica de la clínica.¹⁵ El Gestor promueve gobernanza de datos con principios de mínima carga cognitiva y alineación a flujos reales; el Humanista vela por usabilidad ética (que la pantalla no suplante la mirada) y alfabetización digital empática con pacientes mayores; el Innovador implementa pilotos con evaluación formativa, itera con ciclos cortos y usa análisis de redes para comprender cómo circula la información.^{12,15} En términos de teoría del caos, se diseñan atractores deseables (prácticas que “atraen” a los equipos por reducir fricción y aumentar valor clínico), en lugar de imponer cumplimiento burocrático que eleva entropía.^{9,12}

Estas viñetas ilustran una tesis: la Medicina Familiar no “controla” el caos; lo habita con método. El método aquí no es protocolo rígido, sino disciplina adaptativa: lectura de patrones, intervención prudente, aprendizaje continuo.¹² La prudencia no es inacción; es *phronesis*: juicio práctico bajo incertidumbre.⁶ El profesional alterna fluidamente entre arquetipos, según señales del sistema. Cuando la variación amenaza la confiabilidad, emerge el Gestor; cuando el sentido está en riesgo, emerge el Humanista; cuando el sistema requiere exploración y rediseño, emerge el Innovador.^{7,12} Esta coreografía arquetípica es la competencia transversal que definirá a la Medicina Familiar hacia el año 2040.¹⁴⁻¹⁵

En el plano operativo, la articulación de caos e incertidumbre exige instrumental concreto. Primero, monitoreo adaptativo: tableros con indicadores líderes y rezagados, métricas de capacidad absorbente (tiempo hasta la tercera próxima cita, *backlog* de tareas cognitivas), señales débiles (picos de ausentismo, cancelaciones) y medidas de experiencia (confianza, continuidad relacional).¹² Segundo, diseño de reglas simples (*simple rules*) para decisiones en entorno VUCA (Volatilidad, Incertidumbre, Complejidad y Ambigüedad): priorizar continuidad longitudinal en pacientes frágiles, estandarizar lo estandarizable y personalizar lo esencial.^{9,12} Tercero, ciclos de aprendizaje: reuniones breves orientadas a “qué aprendimos que funcione aquí”, difusión de micro-innovaciones entre pares (efecto red) y gestión del conocimiento basada en casos.¹² Cuarto, ética de la incertidumbre: explicitar riesgos y opciones, decisiones compartidas y documentación del razonamiento (*accountability* epistémico).^{6,14}

El componente poblacional obliga a pensar en atractores epidemiológicos. En obesidad/diabetes, cambios aparentemente modestos en alimentos ultraprocesados disponibles, ambiente construido y

normas culturales han producido transiciones de fase en décadas.^{16,17} La respuesta desde atención primaria no puede reducirse a consejería aislada; requiere políticas de múltiples palancas y alianzas meso-comunitarias.¹⁸ El Gestor configura redes intersectoriales; el Humanista sostiene la adhesión con objetivos alcanzables y trabajo con familia; el Innovador prueba microintervenciones de elevada tasa de conversión (*nudges* saludables, mensajes de compromiso público, recordatorios conductuales), evalúa su efecto marginal y escala las que muestran ganancia no lineal.^{12,17}

Todo lo anterior, demanda alfabetización en sistemas en los currículos de Medicina Familiar: pensamiento en bucles de retroalimentación, dinámica de sistemas, análisis de redes, ciencia de la implementación y resiliencia organizacional.^{10,12} Formar en SAC no es añadir teoría; es entrenar modos de ver. El residente debe aprender que cada consulta es un micro-laboratorio de complejidad donde la pregunta clave es: *¿qué mínima intervención, en el punto correcto, podría mover este sistema hacia un mejor atractor?* Ese entrenamiento integra simulación, *debriefing* estructurado, lectura de señales contextuales y evaluación por portafolios de razonamiento.^{11,12}

La proyección al 2040 perfila sistemas sanitarios atravesados por IA generativa, sensores ubicuos y medicina de precisión.^{14,15} Lejos de resolver la incertidumbre, la multiplicación de datos puede aumentar la entropía decisional si no se acompaña de criterios éticos y gobernanza humana del sentido.¹⁴ El Gestor asegurará confiabilidad sociotécnica; el Humanista protegerá la dignidad narrativa del paciente frente a la automatización; el Innovador mantendrá curiosidad disciplinada, evitando la fascinación tecnológica acrítica.^{14,15} El legado de la Medicina Familiar será reforzar una epistemología del cuidado donde la técnica se subordine a la coherencia moral y a la pertinencia contextual.^{6,14}

Desde una perspectiva epistemológica más amplia, estos planteamientos pueden entenderse como parte de un proceso de transición paradigmática en la Medicina Familiar, en el que las explicaciones lineales y fragmentadas resultan insuficientes para dar cuenta de fenómenos complejos, sociales y clínicamente entrelazados. En este sentido, la noción de cambio de paradigma permite comprender las tensiones actuales entre modelos tradicionales y enfoques emergentes orientados a la complejidad.¹⁹ De manera complementaria, el enfoque sindémico aporta una lente bio-social que explica cómo la multimorbilidad, la desigualdad y los determinantes sociales interactúan de forma no lineal, configurando escenarios de vulnerabilidad que desbordan las respuestas clínicas convencionales.²⁰ Este encuadre refuerza la necesidad de una Medicina Familiar capaz de integrar complejidad, contexto y sentido en la toma de decisiones.

En síntesis, incertidumbre y caos no son enemigos de la Medicina Familiar; son su medio natural. Reconocerlos como tales permite pasar de una cultura del control a una cultura de la orquestación, sentido y aprendizaje.¹² Los arquetipos del Gestor, Humanista e Innovador no compiten: se entrelazan como una tríada de competencias que, activadas oportunamente, convierten la variación inevitable en valor clínico y social.⁷ La tarea no es domar el caos, sino cultivar orden vivo dentro de él, con prudencia, rigor y humanidad.^{6,12}

Referencias

- Greenhalgh T, Papoutsi C. Studying complexity in health services research: desperately seeking an overdue paradigm shift. *BMC Med* 2018;16: 95. <https://doi.org/10.1186/s12916-018-1089-4>
- Sturmberg JP, Martin CM, Katerndahl D. Systems and complexity thinking in general practice: Part 1—Clinical application. *Fam Pract*. 2014;31(6):739-43.
- Prigogine I, Stengers I. La nueva alianza: Metamorfosis de la ciencia. Madrid: Alianza Editorial; 1990.
- Lorenz EN. Deterministic nonperiodic flow. *J Atmos Sci*. 1963;20(2):130-41.
- Gleick J. Chaos: Making a New Science. New York: Penguin; 1987.
- Morin E. Introducción al pensamiento complejo. Barcelona: Gedisa; 1990.
- Zavala GG. Del razonamiento lineal al pensamiento cuántico: Innovación epistemológica en la medicina familiar del siglo XXI. *Arch Med Fam*. 2025;27(3):149-53.
- Haldane V, De Foo C, Abdalla SM, et al. Health systems resilience in managing the COVID-19 pandemic: lessons from 28 countries. *Nat Med*. 2021;27:964-80.
- Plsek PE, Greenhalgh T. The challenge of complexity in health care. *BMJ*. 2001;323(7313):625-8.
- De Vries H, van Rens L, Koster A. Systems thinking as a mindset for medical education. *Med Teach*. 2021;43(5):529-35.
- Elmer S, Ogden R, Kilpatrick M. Examining the nexus between medical education and complexity. *Perspect Med Educ*. 2023;12(4):567-80.
- Nason G. Challenges of implementing complexity in healthcare systems: a realist synthesis. *Health Policy*. 2023;127(1):12-25.
- World Health Organization. Global action plan on antimicrobial resistance. Geneva: WHO; 2015.
- Topol E. Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again. New York: Basic Books; 2019.
- Sheikh A, Anderson M, Albala S, et al. Health information technology and digital health: effectiveness, implementation, and context. *Lancet*. 2021;398(10298):1277-96.
- Capra F, Luisi PL. The Systems View of Life: A Unifying Vision. Cambridge: Cambridge University Press; 2014.
- Bonell C, Jamal F, Melendez-Torres GJ, Cummins S. 'Dark logic': theorising the harmful consequences of public health interventions. *J Epidemiol Community Health*. 2015;69(1):95-8.
- Farmer P, Kim JY, Kleinman A, Basilio M. Reimagining Global Health. Berkeley: University of California Press; 2013.
- Kuhn TS. La estructura de las revoluciones científicas. 2ª ed. México: FCE; 1971.
- Singer M, Clair S. Syndemics and public health: re-conceptualizing disease in bio-social context. *Med Anthropol Q*. 2003;17(4):423-41.