

LA TEORÍA DEL CAOS APLICADA A LA MEDICINA Y LOS SISTEMAS DE SALUD



**UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA**

AUTOR

NELSON ARIZA MARTÍNEZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

ESPECIALISTA EN ALTA GERENCIA

Director:

MARÍA CAROLINA ORTIZ

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
BOGOTÁ, 21 JUNIO 2023**

La teoría del caos busca estudiar, describir y de alguna manera, explicar el comportamiento de los sistemas dinámicos y complejos alejados del equilibrio y de la linealidad matemática. Trata de unir dos conceptos que son aparentemente opuestos: la aparición de patrones estables de comportamiento dentro de un sistema y los que son impredecibles. Dicho de otra manera, orden y caos que pueden existir al mismo tiempo dentro de un mismo sistema. Las dos características son propias de la mayor parte de las empresas, organizaciones, de los organismos vivos y los sistemas de salud.

De manera inicial la teoría del caos tiene su origen en las ciencias matemáticas, más específicamente en la física, extendiéndose posteriormente su uso a otras áreas del conocimiento, y como se verá más adelante en este escrito también al área de la salud.

El primer experimentador del caos fue Edward Lorenz un meteorólogo que en la década del 60 del siglo pasado, manejaba un sistema que se había diseñado para predecir el tiempo. En una ocasión durante su trabajo, haciendo cálculos para predecir el clima, tomó tres decimales en lugar de 6 que era lo habitual y obtuvo resultados radicalmente distintos; estos resultados lo llevaron a teorizar que a veces pequeños cambios en un sistema pueden producir grandes efectos, cuando se hace parte de un sistema complejo, esto se conoce como *el efecto mariposa*, surge así una nueva ciencia, que incluso en nuestros días es todavía muy joven y tiene entre sus principales ideas, el concepto de que pequeñas modificaciones en un sistema pueden desencadenar cambios muy grandes, siendo en muchas ocasiones difícil predecir el estado futuro de un sistema en un momento determinado

Si bien no se puede predecir, sí puede ser modelado, ya que los sistemas caóticos complejos tienen unos rasgos que son característicos; en primer lugar son deterministas, son sensibles a ciertas condiciones generales, y en ocasiones parecen hechos completamente al azar

sin embargo al mirar con cuidado, podemos encontrar algunas reglas que regulen su comportamiento.

Los términos “caos y complejidad” están muy relacionados y son un punto de partida que da la pauta para la evolución de los tipos de pensamiento que se tienen para enfocar y analizar la realidad. La complejidad tiene sus fundamentos en las matemáticas no lineales, y otras ciencias como la informática, la física cuántica, etc. La aplicación de la mecánica simple no logra explicar lo complejo del mundo real, es decir no puede trasladar la realidad de manera exitosa al mundo formal, al mundo de las ideas, la complejidad es un concepto multidisciplinario que acerca de alguna manera la ciencia y la filosofía.

Las ciencias de la complejidad han permeado muchas disciplinas, han hecho su camino, por ejemplo en las ciencias sociales, en el estudio de los sistemas y organizaciones humanas, y ha sido particularmente notable la ruta que han seguido en los sistemas de salud. Es así como se hace evidente un número cada vez mayor de trabajos en esta área, al principio del siglo, se puede resaltar la aparición de un número importante de publicaciones con contribuciones conceptuales. En estos escritos se visualiza la aplicación de los fundamentos de las ciencias de la complejidad en en el área clínica, la educación y la administración del cuidado de la salud. Esto se ve reflejado claramente en un artículo que salió publicado en 2019, que se titula “La influencia de la complejidad: un análisis bibliométrico de las ciencias de la complejidad en el área de la salud”.Churruca et al. (2019).

Tanto los sistemas sociales como todos los sistemas biológicos son en sí mismos sistemas complejos y, en uno y otro no encontramos reglas simples que expliquen la realidad de manera completa, existen muchos elementos impredecibles, muchas interacciones, no linealidades etc., lo que hace que aparezcan conductas inestables no periódicas, en las que la principal característica es lo cambiante.

Tradicionalmente, como lo expresan Andalia & Codina (2009) ,las propuestas para el estudio de la causalidad se han apoyado en modelos que vienen de la epidemiología, que se basan en el principio de causa única efecto único. Sin embargo al mirar con más cuidado algunas de las enfermedades no transmisibles se hace evidente que muchas de ellas tienen factores de riesgo para su aparición y al intentar estudiarlas utilizando métodos analíticos que de alguna manera dividen la enfermedad para estudiar cada uno de sus componentes, se pierde el horizonte al dejar de visualizarla de una manera integral.

La ciencia trata de integrar el conocimiento científico, la mayor parte de las veces buscando describir una sucesión de fenómenos lineales de manera secuencial. Sin embargo en el sector salud existen muchos componentes. Primero, los conocimientos y técnicas nuevas, segundo en nuestro país las relaciones del sector público quien da las directrices, con el sector privado donde se encuentran la mayor parte de las aseguradoras y por último desde el punto de vista económico, los costos, el entorno económico mundial etc., todo esto junto hace que para comprender el funcionamiento del sistema de salud sea necesario utilizar el paradigma de la complejidad.

Como lo menciona Arias Bodmer (2022) la ciencia y otras áreas no científicas pueden unirse, trabajando en un contexto interdisciplinario, permitiendo así organizar el conocimiento. Dicho de otra manera las ciencias de la complejidad se constituyen en una nueva alternativa que permite una mejor y más integral comprensión de las ciencias en general, permitiendo de esta manera intervenir la realidad tal y como es, con la idea de resolver problemas complejos.

En el sector de la salud la teoría de la complejidad ha resultado, por decir lo menos, fascinante y ha despertado mucho interés debido precisamente a la complejidad de los sistemas biológicos, complejidad que hace que por ejemplo sea difícil predecir el desenlace con el

tratamiento instaurado a un paciente específico; es decir, se puede prescribir el tratamiento correcto al paciente correcto en el momento correcto y el desenlace puede no ser el esperado. A lo largo de este escrito se mostrará cómo es posible aplicar la teoría del caos y las ciencias de la complejidad al sector salud, con el objetivo de explicar el porqué de ciertas enfermedades, ciertos desenlaces clínicos, la manera como puede ser utilizada para la toma de decisiones clínicas en algunos contextos y en la gestión misma del sistema de salud.

Complejidad, biología, clínica y enfermedad

Si bien no existe una definición única y excluyente de qué constituye un sistema complejo de manera integral y completa, podemos en general tomarlo como un sistema cuyo comportamiento como un todo, es mayor que la suma de sus partes, este fenómeno algunos lo conocen como “emergencia”. (Manera 2021). Este concepto, sería de acuerdo con lo anotado por el autor, como el comportamiento colectivo de las partes interactuando entre ellas. Otra característica de los sistemas complejos, es que tienen también la propiedad de ser “autoorganizados” de la misma manera que los organismos vivos, queriendo decir esto que tienen la capacidad de manejar su propio comportamiento sin la necesidad de controles internos o externos.

Existen algunos atributos que también son inherentes al paradigma de la complejidad y de los sistemas complejos como lo manifiestan Fajardo-Ortiz et. al. (2015) y que pueden ser aplicados a diferentes áreas del conocimiento entre ellas la salud. Dentro de estos atributos está la entropía. Concepto relacionado con la finalización de un sistema. Usualmente se habla de él más en sistemas aislados, donde no existe ninguna posibilidad de intercambio de energía aunque también puede afectar en algunas ocasiones algunos sistemas abiertos. Otro de los atributos de los sistemas complejos es lo contrario a la entropía que es la neguentropía por estar relacionada con el manejo de la energía y más específicamente con la recepción de la misma en sistemas

abiertos, viendo de esta manera un ahorro, lo que permite estabilidad, mejora de la organización y sobrevivencia del sistema.

Existen adicionalmente otros atributos, los denominados atractores que son elementos que hacen que los sistemas vayan en una determinada dirección, constituyendo un campo de atracción que se asemeja a la habilidad de un líder para crear un movimiento en su medio, movimiento que puede ser bueno ó malo, o los fractales, que son representaciones dentro del caos que son similares a otras que los precedieron, de alguna manera es algo de orden dentro del caos, son también importantes en estos sistemas, la autogestión, las conductas emergentes y la incertidumbre.

Una peculiaridad que también tienen los organismos vivos es que, de manera parecida al péndulo de un reloj, que va de lado a lado, estos organismos van hasta los mismos límites entre el orden y el desorden, de un sistema perfectamente lineal y organizado en un momento determinado hasta llegar al punto opuesto en otro momento.

En este orden de ideas se señalarán las relaciones que pueden existir entre los estados de salud y enfermedad con la teoría de la complejidad, y la manera como puede lograrse una mejor comprensión de ciertas situaciones clínicas y estados patológicos vistos con el enfoque propio de ésta.

Salud, enfermedad y los sistemas complejos

El concepto de salud y enfermedad al interior de una población humana, depende de muchos factores dentro de los que se encuentran, el acervo genético, el estatus socioeconómico, las políticas gubernamentales, la influencia de la cultura, el medio ambiente, etc. El estado de salud o enfermedad de una población depende de la interacción de algunos o de todos los factores mencionados, lo que hace que cierto tipo de situaciones y enfermedades sean más fáciles de entender con una perspectiva no lineal.

En las ciencias médicas es posible en muchos casos, para tener una comprensión más holística de ciertas patologías, mirarlas desde el enfoque de las ciencias de la complejidad, ampliando un poco el concepto. En algunas ocasiones en medicina, la aplicación de la linealidad matemática resulta útil para el manejo de un porcentaje importante de enfermedades, por ejemplo la administración de un antibiótico betalactámico a un paciente con una faringoamigdalitis aguda bacteriana resulta en la mayor parte de los casos en el alivio de la sintomatología clínica y en la mejoría de la enfermedad, en otras enfermedades como se evidenciará no es tan clara esta relación causa efecto.

Al mirar cómo, aplicando el enfoque de la complejidad en algunos sistemas del organismo, en ocasiones en organismos sanos, y en otras en algunos estados patológicos como las arritmias cardiacas, la hipertensión arterial y algunas enfermedades psiquiátricas, se pueden entender de una manera más integral ciertos conceptos. El cuerpo humano en su interior es complejo, incluso mirando su funcionamiento normal, si tomamos por ejemplo la fisiología cardíaca normal, la mayor parte del tiempo el corazón se mueve a un ritmo y frecuencia que puede considerarse normal si se mantiene dentro de ciertos parámetros. Por diferentes situaciones puede ocurrir que en un momento determinado se salga de estos parámetros sin que se pueda considerar realmente una anomalía, y una vez que cesa la situación que lo ocasionó regresa a los parámetros habituales de normalidad.

De manera reciente la comunidad científica ha visto el surgimiento de algunos artículos de revisión en relación a métodos no lineales aplicados a series de momentos de variación de la frecuencia cardíaca, como el de Henríquez et al. (2020) donde hacen una comparación de la determinación de la frecuencia cardíaca por los métodos tradicionales lineales, midiendo el intervalo R-R en el trazado electrocardiográfico habitual, pero se presentan muchas discusiones sobre todo en pacientes con trastornos del ritmo cardíaco, acerca de si debe tomarse el intervalo

únicamente entre los complejos QRS normales o debe tomarse el intervalo R-R entre todos los complejos, independientemente de si son normales o no. Han surgido algunos métodos no lineales de medición de estos trastornos del ritmo como son: la descripción de la mancha de Poincaré, la descripción del exponente de Hurst etc., que han resultado aparentemente mejores para la evaluación de las variaciones del ritmo cardiaco que los métodos lineales tradicionales.

Si se aborda otro tipo de patología como la hipertensión arterial como lo mencionan Peracci & Rossetti (2022), ya desde el año 1972, algunos estudios mostraban resultados positivos relacionados con el hecho de recibir tratamiento en pacientes con hipertensión arterial. Sin embargo algunos autores mostraban que también muchos pacientes tenían desenlaces negativos con el tratamiento antihipertensivo, para explicar esta aparente paradoja, el autor mencionado propone un modelo de factores dinámicos de salud y tratamiento médico, donde los desenlaces en resultados de salud se desvían en uno u otro sentido debido a factores latentes en la salud individual, otras características observables específicas, y algunas situaciones que se pueden presentar al azar.

El autor habla de un concepto importante que es la salud latente individual que se va modelando y sigue procesos autorregresivos que pueden desviarse en un mal o un buen sentido debido a variables observables y no observables; modela entonces este concepto de salud latente, en función de factores que deterioran la salud y otros factores que la mejoran, pudiendo variar la respuesta al tratamiento dependiendo del momento en el que se encuentra el paciente.

En otras ramas como la psiquiatría, para el tratamiento de algunas patologías mentales, desde hace mucho tiempo se utilizan diferentes tipos de psicoterapia, que se sabe que funcionan pero no se conoce realmente el mecanismo por lo que esto ocurre, si se supiera cómo funciona realmente podría ser posible desarrollar estrategias que disminuirían la posibilidad de que ocurran

recaídas y recurrencias, las ciencias de la complejidad podrían explicar mejor como la psicoterapia funciona.

Ha habido algunos intentos de utilizar varios de los conceptos de la ciencia de los sistemas complejos en psiquiatría y psicología, pero no es fácil que esos conceptos se adopten porque la mayoría de las personas que trabajan en estos campos, deben primero cambiar el modelo tradicional del estudio controlado aleatorizado, y tal vez la principal dificultad radica como lo manifiestan Hayes & Andrews (2020) en este punto.

En su artículo acerca del delirium, Eeles et. al. (2018) hablan de que esta entidad es un trastorno bastante retador, que las organizaciones que manejan este tipo de enfermedades se esfuerzan cada vez más en lograr manejarlas de una manera efectiva. La presentación clínica es vaga poco definida y se caracteriza por pensamientos confusos y fluctuación acerca de la conciencia del entorno, la etiología heterogénea lleva a que existan numerosas variantes fenotípicas y confusión diagnóstica entre los clínicos que manejan esta entidad, y es por esta razón que no sorprende que sea una entidad que se asocia frecuentemente con desenlaces negativos, para decirlo de otra manera, la morbimortalidad asociada a esta entidad es alta.

Los sistemas complejos y la manera cómo se comportan cuando hay dificultades son un buen modelo para explicar el delirium. En su artículo el autor teoriza que el cerebro es un sistema complejo, si se asume que el delirium en sí mismo representa una falla del cerebro se puede identificar claramente factores en común con los sistemas complejos, el delirium puede ser considerado como un estado agudo de descompensación mental que se origina en el contexto de una enfermedad aguda en pacientes vulnerables, y tiende a ser de naturaleza multifactorial.

Así pues en algunos casos se puede ver, que en condiciones normales de salud, un organismo sano fácilmente se defiende de ciertos tipos de noxas, y de esta manera no se llega al

estado de delirium, sin embargo cuando el paciente tiene una enfermedad con el grado de severidad suficiente que sobrepasa la capacidad del organismo para defenderse se traspasa el umbral y se precipita el delirium.

De acuerdo a lo expuesto, es claro cómo desde el punto de vista médico, es posible visualizar ciertas situaciones clínicas como poseedoras de propiedades inherentes a los sistemas complejos y a la enfermedad como una dificultad para adaptarse al cambio.

Teoría del caos en el sector hospitalario

Moviéndonos un poco de la posible aplicación de la teoría del caos en el funcionamiento de los organismos vivos y en la contextualización de algunas situaciones relacionadas con la salud y la enfermedad, y trasladándonos hacia las instituciones que prestan servicios de salud, es importante referirse a los hospitales, sobre todo en Colombia, ya que son organizaciones que presentan algunos desafíos muy importantes en su gestión debido a que están profundamente involucradas dentro de un entorno complejo y caótico.

Los hospitales para su funcionamiento requieren la interacción de diferentes disciplinas médicas y no médicas para poder desarrollar de manera adecuada sus servicios, disciplinas no médicas como los servicios financieros, de comunicaciones, jurídicos, administrativos.

Las instituciones hospitalarias están, por decirlo de alguna manera, sumergidas en un entorno que tiene múltiples variables que influyen de manera importante en su funcionamiento, variables como, relación con las aseguradoras, de tipo poblacional, geográfico, político, ambiental, tecnológico, inconformidades de sus colaboradores.

Hay dos puntos importantes en la gestión de estas instituciones que vale la pena tener en cuenta, uno son los problemas de liquidez debido a la importante cartera que tienen con las aseguradoras, y el otro es que es frecuente que se les exija para poder competir que deban implementar procesos de mejoramiento de la calidad y que logren procesos de certificación.

Para poder lograr el proceso de certificación es importante desarrollar la gestión hospitalaria, manteniendo unos estándares altos para trabajar en el fortalecimiento de los cuatro ejes del modelo de evaluación adoptado por el sistema obligatorio de la garantía de la calidad en salud: humanización de la atención, la gestión de la tecnología, la seguridad del paciente y el enfoque de riesgo, surtiendo al mismo tiempo el proceso transversal de transformación y medición de la cultura organizacional que es lo que finalmente le da viabilidad al proceso de mejoramiento continuo.

Hay que recordar que el proceso de transformación de la cultura organizacional obliga de muchas maneras a tener una visión más amplia, teniendo en muchas ocasiones como base las ciencias de la complejidad y un enfoque sistémico, sobre todo si se tiene en cuenta que trabajamos con personas. Por otra parte y como lo afirma Salazar Duque (2017) es importante contar con procesos sólidos y alineados de manera clara con la organización (misión, visión) trabajados, por supuesto, con estrategias adecuadas de comunicación para ir cambiando de manera progresiva el enfoque en una dimensión, por el enfoque, amplio, complejo y multidimensional.

Para la transformación cultural es importante el concepto de pensamiento sistémico que, como lo mencionan Durán-Pérez & Gutiérrez-Barreto (2021) se define como la posibilidad de ser capaz de observar todos los los elementos del entorno y poder mirar las diferentes relaciones entre ellos, tomando frecuentemente en cuenta las acciones de algún elemento separado y el impacto que éste puede tener en todo el sistema, visualizando de esta manera, el cambio como un proceso en el tiempo, desarrollando habilidades como predecir cambios si el proceso continúa, y anticipar el posible impacto de fuerzas externas o internas.

Por otra parte, en los tiempos actuales, las actividades de la gerencia de los servicios de salud deben ejercerse en ambientes extremadamente competitivos y por decirlo de alguna manera terriblemente dinámicos. Componentes como los avances tecnológicos, el manejo de datos, la globalización e incluso ciertas patologías y situaciones de gran impacto como la pandemia de SARS-CoV-2, hacen que las directivas se vean enfrentadas a atender problemas con mayor celeridad, pero a la vez con actividades que requieren cada vez mayor sincronización, todo enmarcado en sistemas con recursos cada vez más limitados, y en donde se ven enfrentados a tratar de mantener la calidad, debiendo aunque frecuentemente no logrando ser más eficiente en el manejo de los recursos.

Posiblemente al adoptar el enfoque de la complejidad en la gestión hospitalaria se puede facilitar la puesta en práctica de la estrategia para lograr el cambio cultural, y de esta manera lograr el desarrollo deseado de los ejes: humanización de la atención, gestión de la tecnología, seguridad del paciente, y lo más importante por supuesto que es la gestión del riesgo.

Teoría del caos en los Sistemas de salud y en salud pública

La organización de los sistemas de salud de una manera no descentralizada, alejada de la población, y con un enfoque dirigido más a los procesos curativos no preventivos, y en la mayor parte de los casos con unas directivas inadecuadamente preparadas para desempeñarse en sus cargos, hace que se presenten dificultades en lograr una adecuada operatividad, lo que tiene un impacto negativo en los resultados en salud de la población que se encuentra afiliada a dicho sistema.

En estos sistemas puede haber relaciones en sentidos contrarios en los ambientes físico y social, con la estructura administrativa de los sistemas de salud, en estos procesos hay cambios, conductas que van en sentidos opuestos, los procesos administrativos en general son no lineales,

sin embargo pueden aparecer a veces respuestas autoorganizadas, siendo sin embargo los resultados diferentes a la suma o resta de las fuerzas involucradas.

Como consecuencia de lo anterior se terminan generando sistemas de salud donde la regla es que se hagan actividades aisladas que no tienen impacto en la salud general de la población, perdiendo el enfoque sistémico, por la misma razón hay una inadecuada gestión de los recursos, malos canales de comunicación, y frecuentemente debido a la modalidad de contratación no hay sentido de pertenencia del talento humano, todo lo anterior lleva a que existan instalaciones con mantenimientos inadecuados, no actualización de las tecnologías, ambientes de trabajo donde la calidad es variable en los diferentes momentos, llevando a que no se generen procesos sólidos y estables para la adecuada atención de los usuarios, como lo anotan en su artículo Fajardo-Ortiz et al (2015).

Si se mira a través de una óptica más general, las intervenciones en salud pública vistas desde la complejidad, se pueden definir como intervenciones actividades y estrategias que en principio tienen la intención de tener un efecto positivo en la salud de la población, modificando factores que son determinantes de algunos desenlaces específicos. Los tipos específicos de intervención, como lo mencionan Tanner-Smith & Grant (2018) , pueden clasificarse de acuerdo a la acción, mecanismo de acción y desenlace de la acción. Por ejemplo en algunos casos la parte operativa se logra a través de acciones comunitarias o medidas policíacas como las restricciones para el uso el alcohol y los avisos acerca del contenido de azúcares o grasas trans en un alimento determinado, de manera opuesta algunas intervenciones comprometen algunas características individuales y ambientes sociales cercanos, ambos tipos de intervención están siendo cada vez más conceptualizadas como complejas.

El grado de complejidad de estas intervenciones, se puede determinar por el número de componentes de intervención que interactúan en un momento determinado, el número y dificultad de comportamientos requeridos por los que reciben o realizan una intervención, el número de grupos o niveles organizacionales tomados como población objetivo, el número y variabilidad de los desenlaces tomados como objetivo, y el grado permitido de flexibilidad de las intervenciones.

La complejidad por otra parte puede surgir no solamente de las intervenciones en sí mismas, también puede aparecer debido a ciertas características de los sistemas en los cuales se van a implementar dichas intervenciones, las intervenciones en salud, manejan situaciones que tienen orígenes diversos que se producen frecuentemente por las interrelaciones de procesos biológicos, psicológicos, sociológicos, ecológicos, razón por la cual es importante considerar la complejidad de los sistemas en los cuales las intervenciones de salud pública se están implementando e integrando, ya que es frecuente que se presenten cambios en los mismos sistemas que están siendo intervenidos.

Por otra parte pero con la mirada todavía puesta en la salud pública, Tanner-Smith & Grant (2018) también plantean que debido a que los investigadores en salud pública están cada vez más adoptando las perspectivas de las ciencias de la complejidad, empiezan a surgir por esta razón ciertos retos metodológicos cuando se conducen metaanálisis acerca de los efectos de las intervenciones en este campo, en el sentido de mirar si, por una parte, se producen unos efectos y por la otra cuál es la magnitud de los mismos secundario a las intervenciones, la consideración de los parámetros de las ciencias de la complejidad trata de asegurar para quien, y en que contextos las intervenciones son más o menos efectivas, cuáles componentes de las intervenciones son los principales y cuáles los menos importantes, y cómo y porqué la intervención produjo o no algún efecto.

A pesar de esto, sugieren los autores que muchos de los metaanálisis de los efectos globales de intervenciones complejas, pueden ser medidas en algunos casos usando métricas comunes como la *d* de cohen, la *r* de Pearson, relación de probabilidades (odds ratio) y relación de riesgo (risk ratio), pudiéndose medir en muchas ocasiones la magnitud y la dirección de los efectos de una intervención determinada, por otra parte la mayor parte de los metaanálisis sintetizan la magnitud de los cambios usando aproximaciones estadísticas estándar.

En el campo de la salud pública, en la práctica clínica y en la parte administrativa del sector las guías son instrumento clave, pueden ofrecer recomendaciones acerca de cómo elegir entre las diferentes intervenciones y cambios en las políticas para mejorar la salud de un individuo en particular y de una población en general.

El desarrollo de las guías de práctica clínica como lo comentan Movsisyan et. al. (2020) sigue un proceso que es sistemático y transparente enfocado primariamente en priorizar las preguntas acerca de los efectos que tienen en la salud de la población ciertas intervenciones. Sin embargo, las decisiones en salud pública y en los sistemas de salud a menudo requiere que consideremos un abanico amplio de opciones que va más allá de lo que habitualmente consideramos en el sector como la efectividad y la seguridad, estas intervenciones deben tomar en cuenta algunos determinantes sociales, comerciales, políticos y de comportamiento y deben implementarse en un complejo sistema con características específicas, aquí las guías usualmente necesitan matizar algunos puntos acerca de por qué cómo y en qué circunstancias estas intervenciones funcionan y cuál será el impacto mirado de manera más amplia en el sistema de salud.

La información obtenida de los metaanálisis es importante para la elaboración de guías, en este contexto, las guías para las intervenciones en salud pública se deben orientar como se mencionó anteriormente no solamente considerando la seguridad y efectividad, sino buscando

también que tengan otros factores que son muy importantes como aceptabilidad, factibilidad, implicaciones sociales, equidad e igualdad, el hecho de tomar la perspectiva de la complejidad en el desarrollo de las guías de práctica, puede ayudar a hacer mejores recomendaciones basadas en una mejor comprensión de la intervención de una manera holística y a la vez teniendo en cuenta la compartimentalización del sistema, esta perspectiva ayuda a que se evite que las guías hagan recomendaciones erradas y simplísticas que pueden ignorar características contextuales críticas que afectan el balance riesgo beneficio, la aceptabilidad o la factibilidad de una intervención, o que pueda ir en contra de consideraciones social y ambientalmente relevantes.

Movsisyan et al (2020) sugieren un proceso de 5 pasos para el desarrollo de guías cuando estamos tomando una perspectiva desde el punto de vista de la complejidad, el primero es determinar el alcance de la guía, el segundo formular las preguntas, el tercero buscar y organizar la literatura y la evidencia, el cuarto validar la evidencia y por último desarrollar recomendaciones.

En relación al primer paso el hecho de tomar una perspectiva desde la complejidad es una decisión que se debe hacer considerando los tópicos y los objetivos de la guía, y por supuesto las necesidades de los usuarios de la misma, implica analizar un rango más amplio de preguntas en la guía, lo que puede requerir el consumo de tiempo y recursos adicionales; en esta etapa temprana, ésto puede facilitarse realizando consultas a los stakeholders, examinando los aspectos relevantes de la complejidad, realizando un mapa mental y una revisión de la evidencia para toma de decisiones.

Debemos tener en cuenta en relación al segundo también el hecho de que tomar una perspectiva desde las ciencias de la complejidad afectará tanto el tipo de preguntas que se hacen y la manera como se formulan, típicamente las guías de práctica priorizan y o están limitadas a preguntas que tienen que ver con la efectividad, a menudo estas se formulan como preguntas muy

amplias relacionadas con el hecho de si una intervención funciona comparado con las intervenciones alternativas.

En relación al tercer paso, se pueden usar estrategias convencionales de búsqueda por lo menos inicialmente para buscar y compilar evidencia de acuerdo a las preguntas que se definen previamente, éstas por supuesto deben ser respondidas por la guía, vamos a necesitar sin embargo desde el enfoque de la complejidad, una mezcla de evidencia cuantitativa y cualitativa, estos métodos mixtos en general pueden involucrar análisis y compilación separados de ambos tipos de evidencia.

En el cuarto paso, relacionado con la validación de la calidad de cada uno de los tipos de evidencia incluyendo por supuesto la relacionada con la efectividad, y adicionalmente desde una perspectiva más amplia con el enfoque de la complejidad, se pueden requerir abordajes diferentes, para el primer tipo de evidencia, podemos utilizar para su evaluación el enfoque GRADE que es un método para evaluar la certeza de la evidencia y la fuerza de las recomendaciones en el cuidado de la salud, este enfoque se diseñó para estratificar el grado de confiabilidad de la evidencia teniendo en cuenta desenlaces específicos, lo que en el contexto de la guía refleja el nivel de confianza, relaciona el efecto real de la intervención en relación a un umbral significativo, la identificación de estos umbrales significativos a través de un gran número de desenlaces posibles en salud puede ser retador para las guías en salud pública y en los sistemas de salud. Algunas extensiones del enfoque GRADE que se pueden utilizar para validar la calidad de otros tipos de evidencia más de tipo cualitativo por ejemplo Grade-CERQual.

Por último para dar recomendaciones finales, se deben hacer paneles relacionados con la guía, que deben considerar los criterios relevantes junto con la evidencia completa compilada y validada para cada uno de los criterios.

Es importante cambiar la óptica desde la que se realiza la planeación en el sistema de salud y las intervenciones producto de ésta, a una más holística desde la perspectiva de las ciencias de la complejidad.

Conclusiones

En relación con la aplicación de la teoría del caos en el sector salud, se visualizan muchos retos como lo mencionan; uno de los principales, la integración y diálogo entre las ciencias de la complejidad y las ciencias biológicas y médicas, logrando posiblemente al andar por este camino cambiar algunos mitos asociados a la salud, como entender las conexiones presentes entre lo mental y lo biológico, el cambio en el concepto de normalidad, únicamente como ausencia de patología, y sobre todo, la utilización de esquemas de estudios en el área clínica completamente diferentes, apartándose un poco del tradicional estudio controlado aleatorizado.

Es necesario realizar cambios en algunos modelos que permitan un mejor abordaje y comprensión de algunas patologías para lograr un mejor entendimiento de como éstas se originan, lo que va a hacer que seguramente puedan ser mejor conceptualizadas y manejadas, un ejemplo claro de esto es la psicoterapia, visto desde la complejidad como un proceso de aprendizaje donde se adquieren conocimientos y se modifican emociones, valores y conductas, es necesario también, comprender mejor y posiblemente, se van a requerir nuevos estudios para entender como la modificación de ciertos factores de riesgo en determinados contextos, puede modificar la aparición ó evolución de una enfermedad, y la respuesta de los pacientes a ciertos tratamientos, respuestas que pueden estar ligadas a múltiples variables, como parte que son de un sistema complejo, para que se pueda lograr la mayor eficacia posible, con mejoría en la calidad de vida utilizando de la mejor manera los recursos terapéuticos disponibles.

Es importante continuar desarrollando nuevos modelos, como el que sugieren Hayes & Andrews (2020) en dicho modelo se habla de desestabilización y transición de redes, que fundamentalmente lo que trata es de importar conceptos y principios a partir de las ciencias de la complejidad a la investigación de la psicoterapia, integrándolos con conceptos de las modernas teorías de aprendizaje como se expuso anteriormente, que están en relación pero no se han conectado del todo con las ciencias de la complejidad.

Este modelo del que hablan estos autores se empezó a utilizar inicialmente para manejar la depresión, pero posteriormente se amplió el abanico de posibilidades para empezar a utilizarlo en todas las psicopatías considerando diferentes formas de cambio terapéutico, la psicoterapia como se anotó es en esencia posiblemente un proceso diseñado para promover nuevo aprendizaje, moviendo al paciente de el intrincado mundo de la patología mental a patrones más flexibles y funcionales.

Hace falta por supuesto más investigación en la comprensión de la psicoterapia y de otras patologías y tratamientos médicos desde la complejidad, se debe tener presente que por su naturaleza principalmente cualitativa, este tipo de estudios presenta muchos retos como la necesidad de grandes cantidades de datos longitudinales, el estudio de cambios no lineales continuos o discontinuos, y estar enfocados más en patrones de funcionamiento que en elementos aislados, pero los resultados de éstos van a ser importantes en mejorar la comprensión de ciertas patologías permitiéndole de esa manera desarrollar nuevas estrategias terapéuticas.

Es importante tener en cuenta que al hacer este tipo de investigación, se debe cambiar enfoque habitual de el estudio controlado aleatorizado y tener presente que con un enfoque más holístico se deben cambiar los diseños, por ejemplo si se tiene en cuenta el intervalo de tiempo más adecuado para detectar los cambios en las variables de interés, algunas variables cambian

rápido en minutos o segundos, otras son de cambio lento, meses ó incluso años, es clave también determinar la periodicidad de la toma de datos de acuerdo al tipo de estudio, ésta en ocasiones puede ser a intervalos no específicos, por ejemplo si se quiere valorar en que momento se alivia el dolor después de la administración de un medicamento o cuantas veces se presentaron cambios en el estado de ánimo en el curso del día.

La investigación con el enfoque de la complejidad es en esencia un abordaje de nivel individual e ideográfico al estudio del cambio del sistema, debido a que en muchas ocasiones el abordaje tradicional desde la epidemiología no resulta adecuado en la medida en que frecuentemente los resultados obtenidos en un contexto no pueden tomarse de manera generalizada para producir conclusiones.

No hay que olvidar que en la investigación tradicional los cambios ocurren de una manera lineal, y frecuentemente se encuentra desde la complejidad que pueden ocurrir en patrones diferentes como cúbicos, cuadráticos, etcétera, adicionalmente es clave familiarizarse con conceptos nuevos como conocer las medidas críticas de fluctuación para calcular las dinámicas de complejidad, existen varias maneras de determinarlo incluso hay algunos programas para calcular la dinámica de la complejidad como el que se encuentra disponible en el paquete estadístico R.

Fajardo-Ortiz et al (2015) hablando desde la conceptualización clásica, manifiestan que frecuentemente se visualiza un sistema como un conjunto de eslabones de una cadena, insumos, procesos, etc. Por esto es que se debe cambiar el enfoque para hacer evidente que muchos de estos supuestos eslabones están superpuestos y frecuentemente no tienen una definición clara, además de esto si se cambia el enfoque se encontrará que varios de estos eslabones se afectan entre ellos y por el medio.

Basados en esto se debe ratificar que en general los sistemas y las instituciones de salud no tienen comportamientos predecibles ni patrones determinísticos; el sistema por ejemplo es susceptible de que se puedan presentar situaciones como la pandemia de SARS cov 2, y en los hospitales la afluencia de pacientes al servicio de urgencias como resultado del pico de enfermedades virales de la temporada de lluvias, de una manera amplia, podemos decir que no son para nada previsibles en este contexto. Podemos decir además que son sistemas e instituciones que como se ha venido mencionando, son claramente complejos y no se pueden seguir considerando los diferentes componentes del sistema de una manera lineal. Es importante que los diferentes actores del sistema de salud se preparen para el cambio conductual que esto supone.

Los sistemas y las instituciones de salud en general constituyen una maraña intrincada de elementos por lo que es importante que busquen su verdadera identidad por fuera de lo que hasta el momento de acuerdo a la tradición han venido siendo, como se mencionó anteriormente, son sistemas claramente no lineales con resultados frecuentemente no uniformes e inesperados, sujetos además a ciertos cambios permanentes, cambios en los insumos, en los procesos, en los resultados, cambios que frecuentemente son inesperados, y en algunas ocasiones generan situaciones que pueden ser difíciles de predecir.

Es importante recordar nuevamente que en los sistemas de salud y en los hospitales se pueden percibir diferentes relaciones entre los mismos agentes del sistema, lo que hace que los cambios que se generan en uno de ellos pueden generar repercusiones en los otros, es muy relevante, determinar los posibles efectos positivos o negativos relacionados con este tipo de interconexiones, en los sistemas y en las instituciones de salud, es frecuente también la incertidumbre y lo que se encuentra es que frecuentemente las cosas no se dan de acuerdo a lo

planeado con anterioridad. Es clave que se pueda desarrollar una perspectiva que permita la adaptación a este tipo de situaciones.

Mirar los sistemas de salud desde el enfoque de la complejidad puede brindar otra manera de visualizarlos, de conceptualizarlos de una manera más real, y también porque no permitiría también complementarlos enriquecerlos e interpretar mejor sus dinámicas.

Referencias

- Arias, J. C. (2022). *Afinidad y vínculo entre la salud pública de precisión y las ciencias de la complejidad para generar estrategias, intervenciones y políticas innovadoras que fortalezcan la salud pública*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12495/8541>.
- Churruca, K., Pomare, C., Ellis, L. A., Long, J. C., & Braithwaite, J. (2019). The influence of complexity: A bibliometric analysis of complexity science in healthcare. *BMJ Open*, 9(3). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-027308>
- Duque, O. S. (2017). Mirada de la Gestión moderna desde la teoría a del caos y la transdisciplina. *Universidad & Empresa*, 19(33), 137. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.5234>
- Duran Murillo, R. A., & González Hernández, A. F. (2016). Teorías de las ciencias de la complejidad: aportes a la salud mental y la psicología en Colombia. *Uni-Pluriversidad*, 16(1), 76–87. <https://doi.org/10.17533/udea.unipluri.326186>
- Durán-Pérez, Verónica D, Gutiérrez-Barreto, Samuel E. (2021). The active learning and the development of cognitive abilities in the academic training of health professions. *FEM: Revista de la Fundación Educación Médica*, 24(6), 283-290. Epub 17 de enero de 2022. <https://dx.doi.org/10.33588/fem.246.1153>
- Eeles, E., Teodorczuk, A., Mitleton-Kelly, E. (2018). Reconceptualizing delirium as a disorder of complex system failure. *Medical Hypotheses*, 118, 121–126. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2018.06.031>
- Fajardo-Ortiz, G., Fernández-Ortega, M. Á., Ortiz-Montalvo, A., & Olivares-Santos, R. A. (2015). La dimensión del paradigma de la complejidad en los sistemas de salud *Cirugia y cirujanos*, 83(1), 81–86. <https://doi.org/10.1016/j.circir.2014.03.001>
- Hayes, A. M., & Andrews, L. A. (2020). A complex systems approach to the study of change in psychotherapy. *BMC Medicine*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12916-020-01662-2>
- Henriques, T., Ribeiro, M., Teixeira, A., Castro, L., Antunes, L., Costa-Santos, C. (2020). Nonlinear methods most applied to heart-rate time series: A review. In *Entropy* (Vol. 22, Issue 3). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/e22030309>

- Manera, M. (2021). Perspectives on complexity, chaos and thermodynamics in environmental pathology. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11). <https://doi.org/10.3390/ijerph18115766>
- Movsisyan, A., Rehfuss, E., Norris, S. L. (2020). When complexity matters: A step-by-step guide to incorporating a complexity perspective in guideline development for public health and health system interventions. In *BMC Medical Research Methodology* Vol. 20, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12874-020-01132-6>
- Peracchi, F., Rossetti, C. (2022). A nonlinear dynamic factor model of health and medical treatment. *Health Economics*, 31(6), 1046–1066. <https://doi.org/10.1002/hec.4495>
- Ramis Andalia, Rina Milagros, Sotolongo Codina, Pedro Luis. (2009). Aportes del pensamiento y las ciencias de la Complejidad al estudio de los determinantes de la salud. *Revista Cubana de Salud Pública*, 35(4), 65-77. Recuperado en 15 de mayo de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662009000400008&lng=es&tlng=es.
- Tanner-Smith, E. E., & Grant, S. (2018). Meta-Analysis of Complex Interventions. *Annu. Rev. Public Health*, 39, 135–151. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth>

