

# Implicaciones de la estructura organizacional: organizaciones como sistema de procesamiento de información

## Implications of Organizational Structure: Organizations as a Data Processing System

Juan Daniel Gómez-Vesga<sup>1</sup>✉, Luz Esperanza Bohórquez-Arévalo<sup>2</sup>,  
Diego Alejandro Sierra-Pineda<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Estudiante Ingeniería Industrial, Universidad Distrital Francisco José de Caldas 

<sup>2</sup> Doctora en Ciencias de la Dirección de la Universidad del Rosario. Magíster en Administración de Empresas. Ingeniera Industrial. Miembro del grupo de investigación ARCO-SES y COMPLEXUD de la Universidad Distrital, Profesor Titular Universidad Distrital Francisco José de Caldas 

<sup>3</sup> Estudiante Ingeniería Industrial, Universidad Distrital Francisco José de Caldas 

✉ Correo electrónico: [judgomezv@correo.udistrital.edu.co](mailto:judgomezv@correo.udistrital.edu.co)

**Recibido:** junio 10 del 2018

**Aprobado:** agosto 15 del 2018

**Disponible en línea:** septiembre 1 del 2018

**Cómo citar este artículo:** J. D. Gómez-Vesga, L. E. Bohórquez-Arévalo y D. A. Sierra-Pineda, "Implicaciones de la estructura organizacional: organizaciones como sistema de procesamiento de información", *Revista Ingeniería Solidaria*, vol. 14, no. 26, 2018. doi: <https://doi.org/10.16925/in.v14i26.2455>

### Resumen

*Introducción:* el artículo de revisión es producto de la investigación "Implicaciones de la estructura organizacional: organizaciones como sistema de procesamiento de información", desarrollada durante el 2017 en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

*Problema:* en las organizaciones se evidencia que las estructuras jerárquicas son el paradigma predominante, a pesar de que investigaciones han mostrado la precariedad de este tipo de estructuras para el procesamiento de información.

*Objetivo:* identificar los rasgos que permitan comprender la empresa como un sistema de procesamiento de información ágil.

*Metodología:* se revisan los rasgos estructurales de los sistemas de procesamiento de información desde diferentes disciplinas. A partir de esta revisión se plantean las implicaciones de comprender a las organizaciones empresariales y en particular el diseño de la estructura como sistemas de procesamiento de información.

*Resultado:* se desarrolla una apreciación sobre las implicaciones de diseñar estructuras con mayor agilidad en el procesamiento de información para la ingeniería organizacional.

*Conclusión:* la comprensión de la organización empresarial, y en particular de la estructura como sistemas de procesamiento de información, ofrece una perspectiva ampliamente diferente del paradigma tradicional.

*Originalidad:* la investigación se encuentra en etapas tempranas y no existen modelos o evidencias empíricas frente a los planteamientos realizados. Los altos niveles de agilidad en la toma de decisiones que exhiben las disciplinas estudiadas, permiten proyectar importantes líneas de investigación al respecto.

*Limitaciones:* la propuesta se encuentra en la fase conceptual y requieren comprobación experimental.

**Palabras clave:** complejidad creciente, estructura organizacional, sistemas de procesamiento de información.

## Implications of Organizational Structure: Organizations as a Data Processing System

### Abstract

*Introduction:* This review article derives from the research “Implications of Organizational Structure: Organizations as a Data Processing System”, conducted in 2017 at the School of Industrial Engineering, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

*Problem:* It is noted that hierarchical structures are the predominant paradigm in organizations, although research has shown the precariousness of these structures for data processing.

*Aim:* To identify the features that make it possible to understand the company as an agile data processing system.

*Materials and methods:* The structural features of data processing systems are reviewed from various disciplines. Based on this review, the implications of understanding business organizations, particularly the structure design, as data processing systems are set out.

*Result:* An assessment is made on the implications of designing more agile structures in data processing for organizational engineering.

*Conclusion:* The understanding of business organization, particularly the structure, as a data processing system offers a widely different perspective of the traditional paradigm.

*Originality:* The research is at its early stages and there are no models or empirical evidence regarding the statements made. The high levels of agility in the decision-making of the disciplines studied allow to plan important lines of research in this regard.

*Limitations:* The proposal is in the conceptual phase and requires experimental verification.

**Keywords:** increasing complexity, organizational structure, data processing systems.

## Implicações da estrutura organizacional: organizações como sistema de processamento de informação

### Resumo

*Introdução:* este artigo de revisão é produto da pesquisa “Implicações da estrutura organizacional: organizações como sistema de processamento de informação”, desenvolvida durante 2017 na Faculdade de Engenharia Industrial da Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colômbia.

*Problema:* nas organizações, evidencia-se que as estruturas hierárquicas são o paradigma predominante, embora pesquisas tenham mostrado a precariedade desse tipo de estruturas para o processamento de informação.

*Objetivo:* identificar os traços que permitem compreender a empresa como um sistema de processamento de informação ágil.

*Metodologia:* as características estruturais dos sistemas de processamento de informação são revisadas de diferentes disciplinas. A partir dessa revisão, são propostas as implicações de compreender as organizações empresariais e, em particular, o desenho da estrutura como sistemas de processamento de informação.

*Resultado:* desenvolve-se uma apreciação sobre as implicações de desenhar estruturas com maior agilidade no processamento de informação para a engenharia organizacional.

*Conclusão:* a compreensão da organização empresarial e, em particular, da estrutura como sistemas de processamento de informação oferece uma perspectiva amplamente diferente do paradigma tradicional.

*Originalidade:* a pesquisa se encontra em etapas iniciais e não existem modelos ou evidências empíricas diante das propostas realizadas. Os altos níveis de agilidade na tomada de decisões que as disciplinas estudadas exibem permitem projetar importantes linhas de pesquisa a respeito.

*Limitações:* a proposta se encontra na fase conceitual e requer comprovação experimental.

**Palavras-chave:** complexidade crescente, estrutura organizacional, sistemas de processamento de informação.



## 1. Introducción

La estructura organizacional ha sido planteada por diferentes autores como determinante en el desempeño empresarial [1]-[4], principalmente por la capacidad que le otorga al sistema para adaptarse a las condiciones cambiantes del entorno en el que actúa. En la presente investigación la estructura organizacional hace referencia a las formas en las que la empresa se organiza para alcanzar comportamientos colectivos que permiten resolver los problemas que demanda el entorno.

La agilidad en la toma de decisiones hace referencia a la capacidad de la organización para actuar en entornos de complejidad creciente, caracterizados, entre otros rasgos, por la emergencia permanente y acelerada de nuevas situaciones (dinamismo), difíciles de predecir y controlar (incertidumbre) no solo por la aleatoriedad del sistema, sino por la ausencia de regularidad.

Autores como Alberts y Hayes [5] evidencian la importancia de la agilidad en entornos de complejidad creciente para tomar decisiones y realizar tareas nuevas de diferentes formas, a través de la capacidad de los individuos de la organización para absorber información, lograr una apreciación pertinente y una respuesta colectiva inteligente [6]. De lo anterior se deriva que la complejidad creciente del entorno exige estructuras organizacionales que incrementen la capacidad de procesamiento de información del sistema, a fin de tomar decisiones ágiles que redunden en el desempeño empresarial.

A la fecha, las estructuras jerárquicas de control han sido el paradigma predominante en el contexto empresarial. Williamson [7] establece dicha relevancia sobre el supuesto de que el uso del control disminuye los riesgos derivados de la racionalidad limitada de los individuos (oportunismo, egoísmo e información incompleta, imperfecta y asimétrica). Sin embargo, investigaciones han evidenciado la precariedad de este tipo de estructuras para el procesamiento de información [5], [8], [9]. Estas presentan fuertes limitaciones, entre otras, porque los nodos superiores se saturan de información debido a que es allí en donde se concentra la toma de decisiones, así como las actividades de coordinación, supervisión y enfoque de negocio. La saturación de información genera lentitud en la toma de decisiones y se manifiesta en inflexibilidad y fragilidad ante las condiciones cambiantes del

entorno. Prigogine y Stengers [10] usan la expresión ‘complejidad creciente’ para resaltar el hecho de que la interacción entre las partes incrementa la emergencia permanente de nuevas condiciones, comportamientos y, en general, información en el sistema.

La informática, la ciencia de redes, la inteligencia de enjambre, la psicología cognitiva y la milicia son algunos de los campos desde donde se han realizado importantes avances al respecto. Sin embargo, la investigación con respecto a los rasgos estructurales que agilizan el procesamiento de información en el contexto de las organizaciones empresariales no ha evolucionado con la misma celeridad con la que lo han hecho estas disciplinas. Evidencia de lo anterior se encuentra en el predominio de las jerarquías de control en el contexto empresarial y, por otra parte, en la lentitud que presentan las organizaciones empresariales en conjunto, para responder a las condiciones cambiantes del entorno [6], [11], [12]. Lo anterior no desconoce que en la teoría organizacional se encuentran diferentes propuestas que desde la estructura buscan incrementar la capacidad de adaptación del sistema [2], [5], [13], [14], la cuestión es que siguen predominando las jerarquías de control.

En el presente artículo se realiza una discusión con respecto a las implicaciones en el diseño de la estructura organizacional, a partir de la comprensión de la organización empresarial como un sistema ágil de procesamiento de información. Aquí, las implicaciones se entienden como las consecuencias o los efectos de dicha estructura en las organizaciones empresariales. De manera puntual, se busca identificar qué rasgos debería tener la estructura y qué consecuencias podrían generar en el desempeño empresarial.

A partir de la revisión de artículos de investigación en Scopus, Springer, IEEE, Google Scholar y Ebsco, la primera parte de este documento se enfoca en la importancia de la agilidad empresarial en entornos de complejidad creciente. En la segunda parte, se realiza una revisión de los planteamientos que, desde las diferentes disciplinas, se han realizado en relación con los rasgos estructurales, que facilitan la comprensión de la agilidad en el procesamiento de información en cada uno de estos campos del conocimiento. Finalmente, se realiza una discusión sobre las posibles implicaciones de estos planteamientos en el diseño de estructuras en organizaciones empresariales.

## 2. Importancia de la agilidad empresarial en entornos de complejidad creciente

Alberts [6], en su trabajo titulado “The Agility Advantage”, se refiere a la agilidad como la capacidad de adaptabilidad, flexibilidad y velocidad de respuesta de las organizaciones frente a los problemas que demandan las condiciones cambiantes del entorno. La adaptabilidad se entiende como la capacidad del sistema de aprender sobre la dinámica del entorno, autoorganizarse según la situación lo requiera y arrojar un resultado certero. La flexibilidad se refiere a la amplitud de herramientas que tiene a su disposición para solucionar cierta situación. Y la velocidad de respuesta depende del tiempo que le toma al sistema procesar las señales recogidas del entorno y arrojar un resultado, teniendo en cuenta la suficiencia y relevancia de la información.

Por su parte, Atkinson y Moffat [15] ven la agilidad como la cualidad que le permite al sistema enfrentar la complejidad creciente del entorno. Explican cómo las organizaciones ágiles son capaces de modificar, modificarse y ajustarse a los cambios, gracias a la ejecución de nuevas tareas y la combinación, recombinación y ajuste de patrones, estructuras y comportamientos individuales o colectivos, a fin de solucionar problemas.

La importancia de la agilidad empresarial está en estrecha relación con la complejidad creciente del entorno en el que actúa. A mayor complejidad, mayor será la necesidad de la organización de generar respuestas ágiles. A las organizaciones que les cuesta actuar de manera ágil en entornos complejos, se les dificulta resolver problemas y, por extensión, el desempeño empresarial.

Espinosa y Bohórquez [11] identifican, desde la teoría de sistemas, al menos tres factores estructurales que explican la complejidad creciente del entorno: a) el incremento del número de agentes en interacción, b) el aumento del número de conexiones entre las partes y c) el cambio en la intensidad de la interacción, es decir, el fortalecimiento o el debilitamiento de la interacción. Los altos niveles de interdependencia de los sistemas complejos y en particular del entorno empresarial facilitan la emergencia permanente de novedades difíciles de predecir y controlar (cambios en los gustos del consumidor, en la demanda del producto, desaparición de proveedores, cambios en el valor de moneda,

crisis ambiental, entre otros). Las condiciones emergentes, independientemente de su naturaleza, generan información que el sistema debe procesar para tomar decisiones.

La globalización y el desarrollo tecnológico son fenómenos claramente dinámicos en el sentido de que permanentemente surgen nuevos mecanismos, tecnologías, procesos, etc. Esta dinámica aumenta la cantidad de información disponible en el entorno. Heylighen [16] explica que el progreso mundial avanza a una velocidad vertiginosa, pues en apenas 200 años la velocidad de transmisión de información ha aumentado unas 100 mil millones de veces y que un solo chip, usado en un juguete actual, tiene más capacidad de procesamiento que todo el disponible en el mundo en 1960.

La agilidad en la toma de decisiones también se encuentra en estrecha relación con el procesamiento de información en la organización. Procesar significa transformar o cambiar; en el contexto empresarial implica transformar información en decisiones, lo que aumenta aún más la información disponible en el sistema. De esta manera, según Alberts y Hayes [5], las organizaciones ganan y generan permanentemente nueva información. Los investigadores Fan, Cheng, Li y Lee [17] explican la diferencia y la importancia de los términos ganancia y generación. La ganancia se refiere a toda la información proveniente del entorno y que puede influir a la organización. La generación, por su parte, se refiere a los resultados del procesamiento de información (decisiones).

La ganancia y la generación de información mueven al sistema a través de espacios de posibilidades que no obedecen a la lógica clásica, en el sentido de que no siguen trayectorias lineales. Alberts [18] explica la no linealidad como las múltiples soluciones posibles que puede tener un solo problema. La no linealidad, que implica la permanente ganancia y generación de información de los entornos de complejidad creciente, pone de manifiesto la necesidad de que las organizaciones empresariales generen diferentes vías, alternativas y formas de procesar la información. En la medida en que las organizaciones se conviertan en sistemas procesadores de información podrán incrementar la agilidad en la toma de decisiones.

El problema de la agilidad en la toma de decisiones en el contexto empresarial ha sido abordado desde diferentes perspectivas. Desde la gestión, se encuentra la teoría de recursos y capacidades

abordada por numerosos autores. Dicha teoría expone la conexión existente entre la correcta gestión del recurso humano y el perfeccionamiento de las capacidades dinámicas de innovación y flexibilidad [19], como factores que permiten incrementar la agilidad y la ventaja competitiva [20]-[22]. Trabajos basados en investigación de operaciones [23], logística [24] y modelos de decisión estratégica buscan cumplir con funciones productivas de manera eficiente en la cadena de suministro [25]. Lo anterior, sin embargo, son visiones algo estáticas frente a la complejidad creciente. Viswanadham y Gaonkar [26] proponen modelos de programación multienteros para una red dinámica de fabricación.

En la presente investigación se hace énfasis en la importancia de la estructura organizacional para incrementar la agilidad en el procesamiento de información. Mintzberg [3], basado en la teoría organizacional, ha planteado el concepto de estructura organizacional como las formas en que el trabajo es dividido en labores diferentes, para luego lograr la coordinación entre tales labores. En otras palabras, la estructura implica las formas de dividir y coordinar el trabajo. El paradigma dominante para la gestión empresarial se ha caracterizado por el uso de jerarquías de control para la división y la coordinación del trabajo.

Sin embargo, varias investigaciones que demuestran las limitaciones de las jerarquías de control en el procesamiento de información. Dichas investigaciones han sido principalmente abordadas desde la teoría de grafos y la ciencia de redes con referentes como Watts y su obra titulada “Seis grados de separación” [27]. De hecho, las jerarquías de control siguen la topología red de árbol. Turnbull [8] explica que la sobrecarga de información surge por la forma en que la información fluye a través de la jerarquía congestionando aquellos nodos en los que se concentra la toma de decisiones. A su vez, la falta de información relevante busca exaltar el hecho que tan solo el 2% de la información original —que reciben las personas ubicadas en los nodos inferiores de la red jerárquica— sobrevive y es correcta cuando llega al nodo raíz. Adicionalmente, las limitadas conexiones entre las personas que se establecen en las estructuras jerárquicas de control incrementan la probabilidad de falla del sistema al limitar la cantidad de nodos a través de los que una persona puede acceder a la información. Es decir, la organización no logra absorber la complejidad creciente del entorno y, en consecuencia, se le dificulta

solucionar problemas que emergen o no logra identificarlos con la oportunidad requerida.

Comprender la organización empresarial como un sistema de procesamiento de información y la estructura como la red a través de la que fluye la información parte del hecho que las organizaciones están conformadas por personas que interactúan con otras, dentro y fuera de ella, las cuales se agrupan y comparten información usualmente a través de vínculos informales que surgen a partir de criterios de afiliación (amistad, hobbies, cercanía geográfica, etc.) [27]. La estructura, desde esta perspectiva, hace referencia a las formas en que las personas en la empresa se organizan para alcanzar comportamientos colectivos que surgen de esta interacción y que permiten resolver los problemas que demanda el entorno.

### **3. Rasgos estructurales de los sistemas de procesamiento de información identificados desde la informática, la ciencia de redes, la inteligencia de enjambre, la psicología cognitiva y la milicia**

La importancia de la estructura ha sido estudiada desde diferentes disciplinas. Alberts [6], por ejemplo, reconoce su importancia para el procesamiento de información, así como para aumentar la agilidad de respuesta de los sistemas ante las condiciones cambiantes del entorno. La estructura beneficia la coordinación, la comunicación y el tiempo de respuesta en el desarrollo de las tareas del equipo. El trabajo de Hallam [28], por su parte, evidencia el impacto de la estructura del equipo en el desempeño de tareas complejas. Diedrich y Entin [29] encuentran que la efectividad del equipo, medida a través de la comunicación, el desempeño y la carga de trabajo, varía en función de la estructura. Jobidon [2], además, muestra que la estructura del equipo influye en la capacidad de la organización para adaptarse a situaciones de crisis. Con base en lo anterior, se puede plantear que los rasgos estructurales de la organización facilitan el procesamiento de información e influyen en la agilidad que tiene el sistema para adaptarse a las condiciones del entorno.

La informática, la ciencia de redes, la psicología cognitiva y la milicia han sido algunos de los campos desde donde se ha abordado el procesamiento

de información a fin de incrementar y explicar la agilidad del sistema. La informática estudia los sistemas automáticos de información, con el objetivo de procesar la mayor cantidad de datos en el menor tiempo posible. Las investigaciones de Bonabeau, Dorigo y Theraulaz [30] en inteligencia de enjambre se han ocupado del estudio de los rasgos que explican la capacidad de los insectos sociales para desarrollar comportamientos colectivos inteligentes. La ciencia de redes se ha enfocado en comprender la emergencia de acciones colectivas en las redes, sin importar en cuál de ellas puedan presentarse. La psicología cognitiva se ha ocupado del estudio de los procesos implicados en el conocimiento. Finalmente, las investigaciones desde la milicia, lideradas por el programa de investigación de comando y control (CCRP, por sus siglas en inglés), se han enfocado en mejorar la comprensión de la era de la información en las implicaciones estratégicas para el sector militar, especialmente en aspectos referidos a la optimización de recursos y a la toma de decisiones en el campo de batalla.

El procesamiento de información desde la informática se ha enfocado, en los últimos veinte años, en el desarrollo de técnicas de programación de alto desempeño, más comúnmente llamadas técnicas de procesamiento en paralelo. Estas técnicas son un conjunto de métodos computacionales utilizados para la resolución de problemas sobre sistemas con una capacidad de procesamiento superior al tradicional modelo de computadora de Von Neumann.

El trabajo de Neschachnow [31] permite comprender la característica principal del procesamiento en paralelo, la cual es disponer de un conjunto de unidades de procesamiento interconectadas por algún medio que posibilite la comunicación de datos y el control de ellos.

Los sistemas de procesamiento en paralelo pueden ser configurados con memoria compartida o distribuida. En el primer caso, todos los procesadores tienen acceso para lectura y escritura de datos en un mismo espacio de memoria, por medio de un bus de datos de uso común. El procesamiento paralelo con memoria compartida favorece estructuralmente la comunicación y el procesamiento de información para tareas o situaciones que tienden a ser monótonas, o de poco cambio, pero en situaciones dinámicas puede afectarse por la variabilidad de las situaciones.

Los sistemas de procesamiento en paralelo con memoria distribuida, al no disponer de bus de datos, permiten evitar los cuellos de botella. Sin embargo, los tiempos de comunicación son mayores que en el caso de la memoria compartida. Es altamente escalable y a que admite modelos con miles de procesadores y, por ende, aplicable a problemas de gran envergadura. Este modelo permite la independencia del modo en que las tareas se asignan a los procesadores disponibles, según lo requiera el sistema.

Los aportes realizados por la ciencia de redes son consistentes con los planteamientos hechos por la informática. La primera busca comprender el comportamiento de las redes, sin importar en dónde se presenten, y hace énfasis tanto en los aspectos estructurales como en los dinámicos que emergen en la red. Los aspectos estructurales —que son el interés de esta investigación— hacen referencia a las formas en las que se organiza la red, es decir, a la manera en que se distribuyen los nodos, así como la forma en que se comunican (topología de red). Por su parte, los aspectos dinámicos hacen referencia a los patrones, comportamientos, fenómenos y, de manera amplia, a la información que emerge a partir de la interacción de los nodos en la red.

Dentro de las tipologías de red más estudiadas se encuentran las redes aleatorias, las redes de libre escala y las redes de mundo pequeño. Las aleatorias surgen a partir de la conexión fortuita de los nodos, en las que se identifica que, en promedio, todos tienen el mismo nivel de conexiones y la red se comporta acorde con la distribución de Poisson [32]. En las de libre escala existen nodos más conectados que otros, es decir, no todos tienen el mismo número de conexiones y la red se comporta en concordancia con la distribución de la ley de potencia [33], [34]. En las redes de mundo pequeño pueden existir dos o más nodos que, a pesar de no ser vecinos, llegan a interactuar a través de unos pocos pasos o enlaces [35].

Watts [36] aclara que las redes de mundo pequeño se comportan como redes de libre escala y, a su vez, las redes de libre escala se comportan como redes de mundo pequeño y su diámetro, como explican Barabási y Albert [33], aumenta logarítmicamente con el número de vértices  $n$ . En las redes de libre escala, los nuevos nodos de la red se conectan con mayor probabilidad con aquellos que tienen un mayor número de conexiones; es decir, ingresan al sistema con una alta conectividad por

medio de pocas conexiones. Las redes de mundo pequeño están presentes en la mayoría de los sistemas complejos: Watts y Strogatz [35] probaron que la red eléctrica del sureste de California, la red de colaboraciones de actores y la red neuronal de la *Caenorhabditis Elegans* se comportan como una red de mundo pequeño, del mismo modo que funcionan la World Wide Web [33] y la red de citas de artículos científicos [37], entre otras [38]-[42]. De manera amplia es posible afirmar que las redes sociales son redes de mundo pequeño y de libre escala.

Las redes de libre escala son resistentes a fallas aleatorias, puesto que pocos nodos dominan la conectividad de la topología. En este caso, si un nodo tiene un problema, es probable que no sea el nodo central y, por ende, la falla puede ser prescindible. Incluso, si uno de los nodos centrales falla, la misma red se encarga de sustituir esas conexiones a través de los nodos a los cuales el central indujo con su influencia. Por su parte, las redes de mundo pequeño cuentan con baja conexión local, pero tienen una alta conexión global que permite a la red aumentar la velocidad a la que procesa la información, por lo que puede evitar la saturación de los diferentes nodos en la red y encontrar la información que necesita a través de pequeños saltos [27].

De manera amplia, se puede afirmar que los sistemas caracterizados por topologías de red de libre escala poseen propiedades que permiten enfrentar la complejidad creciente del entorno. Esto fortalece el procesamiento de información y la agilidad en la respuesta. Google y Facebook, los buscadores más grandes del mundo, se ordenan mediante clústeres o centros de procesamiento de datos (CPD) interconectados en diferentes lugares geográficos, que permiten el funcionamiento de la red a través de direcciones IP; el sistema selecciona las IP que mejor desempeño tienen en un momento determinado, con base en su carga de trabajo y cercanía [43], [44]. Tanto Facebook como Google poseen una red configurada para evitar los fallos; su arquitectura posee mecanismos para responder ante eventos inesperados. En el momento en que se presente algún imprevisto, todos los datos del clúster o del CPD son distribuidos entre los demás para proteger la información del sistema.

La relevancia de la estructura en el procesamiento de información también ha sido ampliamente trabajada desde la inteligencia de enjambre, con trabajos como los de Bonabeau, Dorigo y

Theraulaz [30], principalmente por la capacidad que tienen para resolver problemas de formas muy flexibles y robustas (la flexibilidad, entendida como la capacidad de adaptación a los cambios del ambiente, y la robustez, como la habilidad de la colonia para funcionar aunque algunos individuos fallen en sus tareas).

Los insectos sociales son llamados así debido a su capacidad de actuar colectivamente. Sin embargo, se resalta que si bien algunos rasgos de los comportamientos colaborativos son determinados genéticamente o por procesos de autoorganización, muchos otros dependen de los rasgos estructurales que los caracterizan. Uno de los principales rasgos estructurales es la ausencia de un controlador central que determine el comportamiento del colectivo [30]. Según Gordon, Paul y Thorpe [45], los comportamientos emergen de las interacciones locales entre los componentes y el sistema se comporta como un superorganismo de partes “flojamente” conectadas que responden inteligentemente al ambiente. Las reglas que especifican las interacciones que constituyen el sistema están basadas en información puramente local, sin la referencia de patrones globales, lo cual es una propiedad emergente del sistema, en lugar de ser una propiedad impuesta por una fuerza externa [30].

Los estudios de las colonias de insectos sociales han evidenciado la importancia de las interacciones directas e indirectas entre las partes [46]. Para Nicolis, Theraulaz y Deneubourg, la comunicación directa vía contacto entre los insectos facilita el intercambio de información, de nutrientes, la ayuda mutua y se convierte en un vector de transmisión del comportamiento gregario [47]. Diversas investigaciones han evidenciado la influencia de la comunicación directa en la modificación de las trayectorias físicas que siguen las hormigas en su recorrido [45], [47], así como en la organización de la colonia: la división del trabajo, la construcción o extensión del nido y la búsqueda de alimentos, entre otros.

En este contexto se presentan dos formas de comunicación: la indirecta, que puede darse a través de la modificación física del ambiente, y la directa, que se realiza por medio de mecanismos de señalización —variedades que tienen como principal propósito dejar mensajes que son interpretados por los miembros de la colonia e indican posibilidades de actuación en los miembros del sistema social [48]—. La comunicación indirecta

es asociada frecuentemente a la flexibilidad, dado que cuando el ambiente cambia por alguna perturbación externa, los insectos responden apropiadamente a esa perturbación, aun cuando la modificación del ambiente haya sido causada por las actividades de la colonia. Es decir, la colonia puede responder colectivamente a la perturbación con individuos que exhiben el mismo comportamiento [30], lo que evidencia que los comportamientos emergen de la interacción entre las partes y en ausencia de un controlador central. De esta manera, se puede afirmar que el comportamiento de las colonias de insectos sociales no es el resultado de una imposición de fuerzas externas o de un controlador central, sino que emerge de los procesos de autoorganización que se dan al interior del sistema –que son resultado de las interacciones e interrelaciones entre los insectos a nivel individual y entre estos con el ambiente–, los cuales se facilitan mediante comunicaciones directas e indirectas y en los que el aprendizaje y la cognición desempeñan un papel fundamental.

Las investigaciones sobre el procesamiento de información, desde la psicología cognitiva y la neurociencia, han buscado comprender cómo el ser humano transforma la información que recibe del entorno en conocimiento y en acciones para la ejecución de una tarea [49]. Investigaciones de Alma [50] han demostrado la importancia de la arquitectura cerebral en los procesos de aprendizaje y han resaltado que estos, así como las demás capacidades humanas, dependen de la arquitectura de las redes neuronales. La cognición presenta aspectos para la dinámica; memoria a corto plazo, memoria a largo plazo y características; y atención, codificación, almacenamiento y recuperación [51], [52].

Algunas investigaciones han encontrado un comportamiento de mundo pequeño en las conexiones cerebrales, en las cuales la red funcional humana está dominada por un núcleo neocortical de centros altamente conectados que se distribuyen como una ley de potencia truncada exponencialmente. En la investigación de Achard y sus colaboradores [53], se incluye a los *hubs* (centros de red), regiones recientemente desarrolladas de la corteza de asociación, con conexiones de larga distancia con otras regiones y regiones más conectadas entre sí, en las que se refleja la conectividad anatómica de la corteza. Por otra parte, Lütcke, Gerhard, Zenke, Gerstner y Helmchen [54] definen las condiciones experimentales para inferir que las redes

neuronales son una estructura de libre escala y cómo identificar los *hubs* neuronales.

Los *hubs* o centros en la red son críticos para las capacidades humanas. Recientemente, los avances en el seguimiento de conexiones con mayor precisión permitieron el descubrimiento de que las redes corticales en los mamíferos son mucho más densas de lo que se esperaba. Gracias a esto, se identificó la importancia de los lazos débiles entre los *hubs* cerebrales sumados al comportamiento de mundo pequeño. La investigación realizada por Santarnecchi, Galli, Polizzotto, Rossi y Rossi [55] sobre la fuerza de los lazos débiles refleja cómo las conexiones funcionales débiles, desde la corteza prefrontal lateral hasta las regiones dentro y fuera de la red frontoparietal, muestran diferencias individuales en la inteligencia, CI verbal y de rendimiento. Según Bassett y Bullmore [42], las diferencias de los lazos débiles en individuos están correlacionadas de forma significativa con las diferencias en puntajes cognitivos, lo que los hace determinantes para la comprensión de las diferencias individuales en las habilidades cognitivas. Sin embargo, Konorski [56] ha evidenciado que el cerebro posee la capacidad de modificar las conexiones neuronales (neuroplasticidad). Las neuronas que se han encendido por su acercamiento con un circuito neuronal activo, cambian en su interior y se incorporan a sí mismas dentro del mismo. Por esto, Demarin y Morović [57] enfatizan que existe una relación directa entre la neuroplasticidad y el aprendizaje y la memoria. Con base en lo anterior, se puede afirmar que lo que hace altamente efectivo al sistema nervioso y al cerebro es la robustez que poseen, la cual alcanzan gracias a su conformación estructural de mundo pequeño, la fuerza de los lazos débiles entre los grupos neuronales y su capacidad de modificar conexiones para adaptarse a sus requerimientos.

Finalmente, las investigaciones realizadas desde la milicia han acuñado el concepto de ‘organizaciones al límite’ y ‘poder al límite’, como un intento por cambiar radicalmente la estructura tradicional de mando en las organizaciones militares. El objetivo de trabajar con una estructura al límite está en reducir el nivel de información que enfrenta el comandante (centro), eliminar los intermediarios entre dirección y borde y empoderar a quienes se encuentran en el borde del sistema. En cada circunstancia especial emerge un líder; exactamente, quién “se hace cargo” surgirá en función de

las características de los individuos y de cada situación. Para lograr esto, la red de información debe cimentarse en dos aspectos: robustez en la cantidad de conexiones —de manera que permita la comunicación entre cualquier par de agentes— y una configuración estructural ágil —la cual, al ser circular, mejora aspectos como la moral, el liderazgo y el aprendizaje del sistema [5]—.

El patrón más eficiente de red resulta de una red robusta configurada de manera circular que, a pesar de ser rica en conexiones, su número de interacciones reales no es el máximo teórico. Gracias a unos pocos intermediarios que se conectan a la gran mayoría, y que emergen como líderes que responden a situaciones específicas, el flujo de información se organiza en torno a comunidades de interés. El ejemplo más claro de ello es internet que, a pesar de manejar una robusta red de conexiones, solo unos pocos nodos, como Google, son altamente utilizados por los demás.

#### 4. Las implicaciones de comprender a la organización empresarial como un sistema de procesamiento de información en el diseño de estructuras organizacionales

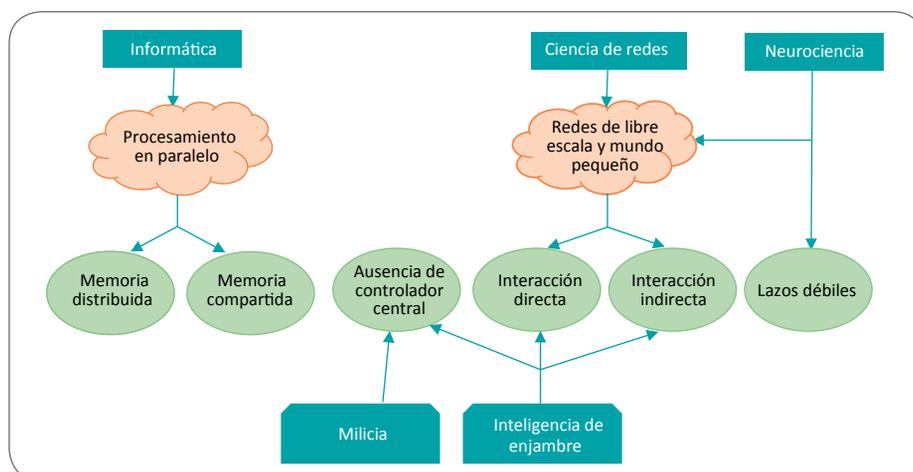
El procesamiento de información, como se evidenció en el anterior apartado, es un rasgo genérico en diferentes tipos de sistemas. La revisión realizada desde la informática, la ciencia de redes, la neurociencia y la milicia permiten denotar, por una parte,

la importancia de la agilidad en el procesamiento de información para el desempeño del sistema y, por otra, la estrecha relación entre los diferentes rasgos estructurales identificados. Por ejemplo, en las redes de libre escala (ciencia de redes), se pueden encontrar rasgos como la memoria distribuida (informática). Y en las redes sin un controlador central (inteligencia de enjambre), también se evidencian interacciones directas e indirectas entre los nodos (neurociencia).

En la figura 1 se presentan los rasgos estructurales que facilitan explicar la agilidad en las disciplinas estudiadas. Si bien se identifican diferentes rasgos (diagramados en óvalos y nubes), la presente investigación enfoca el procesamiento en paralelo y las redes de libre escala y de mundo pequeño. Lo anterior porque, como se observa en la figura 1, estos rasgos incluyen a los demás.

##### 4.1. Redes de libre escala y de mundo pequeño

Las redes de libre escala y de mundo pequeño en una organización permiten lograr baja conectividad local y alta conexión global, lo hace que el flujo de información sea fácilmente recuperable a través de algunos pocos saltos en la red. Estas surgen en las redes sociales, y la organización empresarial no es la excepción. Dichas redes denotan la posibilidad de servirse del flujo de información que proveen las conexiones e interacciones entre los individuos para ganar complejidad y lograr que el procesamiento sea adaptable, flexible y veloz.



**Figura 1.** Rasgos estructurales para el procesamiento ágil de la información a partir de diferentes disciplinas.

Fuente: elaboración propia.

El diseño de las estructuras organizacionales a partir los rasgos de las redes de libre escala y de mundo pequeño contribuye a que el conocimiento y las decisiones en las organizaciones no esté sujeto a un individuo, sino al sistema y al flujo de información en el que este se encuentra inmerso. En consecuencia, los individuos son prescindibles, pero la organización se hace robusta y resistente ante eventos inesperados.

En el entorno empresarial se han presentado casos que respaldan estos planteamientos. Por ejemplo, el caso Aisin-Toyota: Aisin era el único proveedor de las válvulas P para Toyota, las cuales distribuyen el líquido de frenos en los autos de esta marca. En 1997 hubo un incendio en la planta de producción que afectó el suministro. De manera sorprendente, en menos de dos semanas, la producción de Toyota se normalizó gracias a su configuración de libre escala en sus canales de distribución [27]. Se encontró que esta recuperación se dio debido a que todos los proveedores de Toyota trabajaban con la misma filosofía de sistema de producción, lo que hacía más fácil adaptar sus procesos (todas las empresas conocían y practicaban la misma forma de trabajo): había rotación entre los empleados de las diferentes compañías lo que hacía que el conocimiento del proceso perteneciera a la red y no a un individuo (Aisin).

Esta configuración permitió aprovechar las múltiples interacciones entre los individuos del sistema (grupo de empresas de Toyota) y evidenciar que, en las redes de libre escala, el conocimiento y las decisiones no dependen de un individuo o agente, sino que estos emergen de las interacciones entre las partes. Es decir, el sistema se caracteriza por la ausencia de un controlador central.

La ausencia de un controlador central y las interacciones entre individuos son rasgos estructurales estrechamente relacionados con las redes de libre escala y de mundo pequeño. El controlador central en una organización implica que las decisiones y los comportamientos colectivos que emergen sean determinados por uno o algunos individuos del sistema, usualmente definidos de manera formal. Por su parte, las interacciones hacen referencia a los vínculos existentes entre los individuos, tanto al interior de la organización como fuera de esta y, en el contexto organizacional, pueden ser descritos como formales, informales, fuertes, débiles, directos e indirectos.

Según Tachizawa y Wong [12], las redes formales hacen referencia a las conexiones entre individuos, que usualmente son predeterminadas por las relaciones de subordinación y afiliación que surgen en el marco de acuerdos institucionales (normas, protocolos, etc.) para la comunicación y la sincronización de actividades. Por otro lado, Reagans [58] caracteriza las redes informales como emergentes y representativas de los lazos sociales entre los individuos. Se desarrollan a través de la similitud social (homofilia) —por ejemplo la edad, los gustos o las ideas culturales— y por proximidad, es decir, por la cercanía y frecuencia con la que los individuos interactúan —por ejemplo la disposición de los puestos de trabajo o el lugar de residencia—.

Las interacciones entre los individuos pueden ser débiles o fuertes. Los lazos débiles se establecen entre sujetos que tienen vínculos distantes o poco significativos entre sí. Granovetter [59] identificó las ventajas de estos lazos en términos de la influencia y la propagación de información. Los lazos débiles en una red social permiten un mayor acceso y difusión de información. Un lazo fuerte forma una red densa que tiende a encapsularse en términos de información. El flujo de la información se queda dentro del grupo de conexiones cercano, en tanto que los lazos débiles, a través de conexiones indirectas, permiten difundir y abarcar mayor información desde y hasta diferentes grupos. Los individuos que establecen lazos débiles lo hacen por características como la confianza que generan en los demás, y se encuentran mejor posicionados para difundir información.

Las redes formales, informales y los lazos débiles son rasgos estructurales que coexisten y se complementan en busca de la agilidad para el procesamiento de información a través de la sincronización de los individuos. Las redes formales y los lazos fuertes pueden generar concentración y homogeneidad de la información, lo que aumenta la probabilidad de que sea analizada de forma similar, pero olvidan que una mejor decisión podría estar en otros flujos de información que no han sido considerados por el clúster de dicho individuo. La naturaleza de las redes informales, por su parte, permite el acceso a nueva información. En estas, el intercambio de información puede realizarse entre individuos con especialidades totalmente diferentes o labores disímiles, que nutre de información (influencias, conocimientos, etc.) a otros nodos del sistema. Adicionalmente, los lazos fuertes que

surgen en estas redes facilitan no solo el intercambio de información, sino que adicionalmente favorecen la cooperación y la lealtad entre los miembros del sistema. El lazo débil, por su parte, repercute en la velocidad del procesamiento de información, principalmente porque, a través de pocas conexiones, la información puede pasar de un clúster a otro. Por ejemplo, cuando un individuo rota de departamento no solo se mueve de una red de vínculos a otra (departamento), sino que establece un lazo débil entre los dos, a través del cual fluye más información en las dos direcciones.

Las investigaciones realizadas desde la milicia evidencian los beneficios de la ausencia de un controlador central. Desde esta perspectiva se acoge la idea de una red robusta en conexiones, que depende de algunos pocos líderes emergentes y altamente conectados con todos los demás. En la propuesta realizada por Alberts [5], se plantea que la configuración de red más eficiente resulta de una estructura en la que no hay un controlador central, en la que todos poseen la misma capacidad de liderazgo, la cual depende de la situación específica. Esto, aunado a una red robusta en conexiones, permite la comunicación entre cualquier par de individuos. El resultante es una red rica en conexiones sin gerente en el centro.

En el contexto empresarial, aunque son pocas, podemos encontrar diferentes organizaciones que evidencian las bondades de la ausencia de controlador central. En la compañía de tomates Morning Star “no existen jefes” y la toma de decisiones se realiza a través de comités de pares que se crean por la intención explícita de un individuo que propone una idea. En esta organización las decisiones pueden ser tomadas por cualquier individuo, con la condición de que estas sean consultadas a través expertos al interior de la organización (denominación ganada por las decisiones exitosas que hayan tomado en el pasado) [60]. También se destaca la empresa holandesa Buurtzorg, prestadora de servicios para enfermería a domicilio, que posee una estructura completamente descentralizada en la cual cada enfermera genera sus propias facturas. Los empleados de la compañía muestran altos niveles de satisfacción y esta tiene la menor estructura de costos frente a las demás empresas holandesas [60].

Es importante señalar que la expresión “ausencia de un controlador central” no es equivalente a permitir que la organización empresarial

divague en cualquier dirección, pues se parte de la premisa de que las organizaciones empresariales, a diferencia de otros sistemas humanos, son sistemas con propósito. La pretensión de dicha expresión es enfatizar que la complejidad del controlador debe ser igual, o por lo menos cercana, a la complejidad del fenómeno a controlar (Ley de variedad de requisitos de Ashby). Por esta razón, Siggelkow y Levinthal [61], con base en la premisa de que los individuos son racionalmente limitados, afirman que esta complejidad no se logra con uno o varios controladores centrales. Una organización centralizada no logra absorber ni aprovechar la información ni responder de manera ágil a las condiciones cambiantes del entorno [8].

Una propuesta alternativa a las estructuras centralizadas se encuentra en el trabajo de Turnbull [8]: la *Network Governance* recurre al mecanismo de control a través de las partes interesadas de la organización (clientes, proveedores, empleados, etc.), a lo que se denomina *Stakeholders Panels*. Este mecanismo permite regular el funcionamiento, la toma de decisiones de la compañía y el flujo de información desde todas las partes de la organización, además de facilitar que los individuos utilicen su capacidad de procesamiento, lo que evita la saturación de los mismos [62].

La comprensión de las estructuras organizacionales como redes de libre escala, ausentes de controlador central —y en las que cualquier individuo puede emerger como líder— implica repensar el diseño de los roles (cargos, funciones, etc.). La investigación al respecto se encuentra en dos vías: roles específicos y roles emergentes. Por ejemplo, Driskell y Salas [63] y Baker, Day y Salas [64] defienden la asignación de roles específicos, es decir que, una vez definidos por la dirección de la organización, cambian poco o lentamente. Argumentan que esta estrategia permite desarrollar competencias específicas en los miembros del equipo. Por otra parte, existen investigadores como Jobidon y sus colaboradores [2] que resaltan las ventajas de los roles emergentes, que surgen, desaparecen o se modifican dependiendo de las circunstancias. Afirman que estos presentan mejor desempeño que los roles específicos cuando se trata de afrontar situaciones complejas. En la investigación se evidencia que el comportamiento de los equipos funcionales presenta mejor desempeño que los equipos al límite en el corto plazo y este resultado es asociado con la ambigüedad o la confusión que

causa no poseer una tarea definida. Sin embargo, los equipos al límite poseen mayor variación en su nivel de actividad, lo que sugiere un mayor nivel de adaptabilidad en el largo plazo en diferentes eventos inesperados [2].

Las bondades y limitaciones de los roles específicos y de los roles emergentes permite suponer la posibilidad de su coexistencia en las organizaciones. Los roles específicos permiten al individuo conocer de antemano cómo reaccionar ante una situación específica. Los roles emergentes, por su parte, facilitan responder de manera ágil a las condiciones cambiantes del entorno. En consecuencia, las organizaciones deberían permitir y propiciar que estos roles surjan como parte de su estrategia de desarrollo.

En el trabajo de Turnbull [8] se muestra cómo la empresa MCC destina capital de riesgo a un organismo llamado “*Godfather*” y, desde el interior, la compañía se encarga de crear nuevas firmas alrededor de la corporación. Las firmas que emerjan son financiadas por MCC y deben tener el mismo ADN estructural de la corporación. La compañía crece de forma orgánica al mejor estilo de la meiosis celular como las amebas. MCC permite la emergencia de firmas que pueden mantener o crear roles al interior de la red y busca aumentar su desempeño y evitando la saturación de los individuos.

La interacción entre los individuos, tanto al interior de la organización como fuera de esta, y la coexistencia de redes formales e informales facilitan regular el sistema y evitan el caos en el modelo sin controlador central. La emergencia de comportamientos colectivos a partir de la interacción entre las partes y en ausencia de controlador central que determine el comportamiento del sistema, ha sido ampliamente estudiado en la biología y en la vida artificial y se constituye como una alternativa para el diseño de estructuras en las organizaciones empresariales. Estos rasgos facilitan la agilidad en el procesamiento de información, aspecto evidenciado por la ciencia de redes, la milicia y la neurociencia. Además, permiten explicar los altos niveles de desempeño del sistema en entornos caracterizados por altos niveles de complejidad.

## 4.2. Procesamiento en paralelo

El procesamiento en paralelo hace referencia a la capacidad del sistema para procesar información utilizando de forma simultánea sus unidades de

procesamiento; la agilidad del procesamiento se da por medio de la comunicación y la sincronización entre ellas. En el contexto empresarial, este rasgo implica reconocer que todos los individuos procesan información constantemente y, en consecuencia, la organización como un todo puede procesar de forma ágil altos volúmenes de datos sin congestionar a un individuo más que a otro. Este planteamiento requiere repensar, por ejemplo, las actuales estructuras jerárquicas en las que solo uno o algunos nodos son los responsables de la toma de decisiones.

En la informática, el procesamiento en paralelo se sincroniza por medio de dos configuraciones usualmente excluyentes: la memoria distribuida y la memoria compartida. En las organizaciones empresariales estos rasgos pueden ser abordados de forma incluyente, y pueden ser comprendidos como las formas en las que los individuos se organizan para la comunicación y el logro de comportamientos colectivos. La memoria distribuida posee una configuración en la que cada individuo o unidad de procesamiento posee una memoria privada propia, lo que evidencia altos niveles de autonomía en la toma de decisiones. La autonomía otorga potestad a los individuos para hacer uso de la información que procesan, reduce el re-procesamiento innecesario y evita que otros individuos se saturen de información. La autonomía se regula a través de las redes formales e informales que se dan al interior de la organización y que permiten que la comunicación y el logro de comportamientos colectivos se desarrollen a través de diferentes canales que surgen, desaparecen o se modifican de forma emergente.

La memoria compartida, por su parte, posee una configuración en la que el procesamiento se realiza a través de un recurso compartido. En el contexto empresarial, la información debe ser el recurso compartido. Esto implica que todos los individuos puedan tener acceso a la información de la empresa y del entorno (estados financieros, proyectos en curso, situación del mercado, etc.). El acceso a la información como recurso compartido es un rasgo estructural que permite procesar información a través del conocimiento global, que se suma a los canales emergentes como rasgo estructural para la comunicación y la sincronización de la organización. La tecnología es la herramienta fundamental para la utilización de este rasgo y exige un robusto componente de soporte que permita

el acceso a la información organizacional que los individuos requieran.

Los cafés del conocimiento, o “*World Coffe*”, son una práctica empresarial, documentada por Brown y Isaacs [65]. Esta acoge la idea de memoria compartida desde el intercambio social. La autonomía potenciada por el acceso al conocimiento compartido permite el acceso a la información que procesan los individuos en diferentes partes de la organización. A través de estas prácticas se facilita el acceso y la generación de nuevo conocimiento organizacional, así como la emergencia de comportamientos colectivos, a través de la exploración y la explotación de los aspectos que generan afinidad y relacionan positivamente a los individuos.

La memoria distribuida y el procesamiento de la información en paralelo pueden ser asociados a la forma en la que se configura la estructura organizacional. La *heterarquía* es una alternativa a dicha configuración. Son estructuras en las que el poder es descentralizado y cambia dependiendo de las circunstancias. El cambio o la rotación del poder se encuentra en estrecha relación con las capacidades, el conocimiento, la experiencia y otros rasgos de los individuos al interior de la organización. En el momento en que surja un evento en el entorno; el individuo que, independientemente de la razón, muestre mayor capacidad de procesamiento de información asume el poder. Gracias a estas características, este es considerado legítimo por los demás miembros del sistema [13].

A la fecha existen diferentes investigaciones que evidencian las ventajas de las heterarquías frente a la tradicional jerarquía de control [13], [14], [66]. Por ejemplo, Posada y Bohórquez [67] evidencian el incremento en la capacidad de auto-organización del sistema. De igual manera, Garud y Turunen [68] advierten las bondades para la innovación y el fomento de la creatividad, requeridos para el desempeño en entornos complejos.

La firma consultora Global Business Network (GBN), es un ejemplo de las ventajas de las heterarquías. En esta organización, diferentes expertos en tecnología, antropología, economía y arte, así como líderes empresariales, se reunían en torno a un proyecto de consultoría al que se enfrentaban desde sus conocimientos y especialidades particulares, con el argumento de que a través de la heterarquía se lograba la combinación adecuada entre “ambigüedad” y “complejidad” para afrontar la expansión de la economía global [69].

Google y Facebook, los dos gigantes del procesamiento de información gracias a la World Wide Web, son ejemplos a seguir. Estructuralmente los CPD (centros de procesamiento de datos) están en la capacidad de procesar cualquier dato en cualquier dirección IP del mundo pero, a través de su estructura, buscan seleccionar la que esté mejor preparada para procesar en un instante de tiempo (t), dependiendo de su capacidad, lo ocupada que este y la distancia geográfica. Tienen la autonomía para procesar información en cualquier CPD y poseen mecanismos de sincronización que optimizan el uso de su capacidad. La estructura de Facebook y Google, además de presentar rasgos de procesamiento en paralelo, también se constituye en una red de libre escala y mundo pequeño que les otorga los altos niveles de robustez y flexibilidad para responder a las condiciones cambiantes del entorno.

Los rasgos estructurales del procesamiento en paralelo, así como de las redes de libre escala y de mundo pequeño, incrementan la agilidad del sistema para procesar información y permiten mayor adaptabilidad, flexibilidad y velocidad de las organizaciones para aprovechar la complejidad creciente del entorno en el que actúan.

La relevancia de las interacciones entre los individuos (formales, informales, débiles y fuertes), la ausencia de controlador central, la coexistencia de roles formales y emergentes, el diseño de heterarquías y los paneles de partes interesadas son algunos de los retos que enfrenta el diseño de estructuras organizacionales. Sin lugar a dudas, la acelerada tasa de cambio del entorno en el que actúan las organizaciones empresariales requiere de estructuras que incrementen la agilidad para procesar información; es decir, para transformar información en decisiones de forma adaptable, flexible y veloz.

## 5. Discusión y futuras líneas de investigación

Los planteamientos realizados en el anterior apartado se soportan en lógicas distintas al que sustenta el paradigma tradicional. Este, a través de las jerarquías de control y las estructurales formales, busca reducir la complejidad del sistema y facilitar el desarrollo de comportamientos colectivos que muevan al sistema del estado A al B, a partir del uso del control.

Los rasgos que permiten explicar la agilidad en el procesamiento de información desde la informática, la ciencia de redes, la inteligencia de enjambre, la neurociencia y la milicia permiten evidenciar su orientación a aprovechar, e incluso ampliar, la complejidad, más que a reducirla. De manera amplia, se puede observar un enfoque “emergentista” en la comprensión del sistema, en el que se reconoce no solo que el sistema como un todo cambia, sino que las partes, sus interacciones e, incluso, el observador son dinámicos y, en consecuencia, no es pertinente el diseño de soluciones estáticas, que cambien poco o que cambien lentamente.

Las implicaciones propuestas en el presente documento respecto al diseño de estructuras organizacionales a partir de la comprensión de la organización como sistema de procesamiento de información se encuentran en la fase conceptual y requieren de comprobación experimental. Sin embargo, la validación de estos planteamientos en organizaciones de sistema real requiere de altos costos y periodos amplios de tiempo, lo que dificulta encontrar resultados en el corto y mediano plazo. La alternativa que sigue la presente investigación es el desarrollo de simulación basada en agentes que permite absorber altos niveles de complejidad del entorno y considerar las condiciones dinámicas de los agentes. De hecho, a la fecha existen diversas investigaciones que evidencian la relevancia de estas simulaciones en el estudio de sistemas sociales humanos.

La comprensión de las organizacionales empresariales como sistemas de procesamiento de información ágil proyecta amplios espacios de investigación, dentro de los cuales se encuentran: a) el diseño de mecanismos que permitan realizar la transición del paradigma tradicional al enfoque planteado en organizaciones existentes (p. e., formas alternativas para realizar la evolución de una organización centralizada a una descentralizada o de una organización jerárquica a una heterárquica); b) las implicaciones culturales para la rotación del poder en organizaciones descentralizadas y las formas para promover la legitimidad de dicha rotación; c) la importancia del tamaño del grupo en la comprensión de la organización como sistema de procesamiento de información, lo anterior a partir de la premisa de que diversas investigaciones han planeado la relevancia de un grupo pequeño en la emergencia de comportamientos colectivos; y e) las implicaciones que estos cambios pueden generar

en la identificación de los objetivos empresariales, que tradicionalmente han sido determinados por un controlador central y reducidos a enfoques financieros.

Finalmente, es importante resaltar que la aceptación de un nuevo paradigma en las organizaciones empresariales representa un alto nivel de dificultad. Esto se debe principalmente a que es un paradigma establecido no solo al interior de las organizaciones, sino en los sistemas sociales humanos en los que los individuos crecen en un entorno jerárquico caracterizado por el uso del control para el cumplimiento de objetivos. La investigación científica es la vía que, en el contexto actual, permite la elaboración de nuevos constructos sociales que, a futuro, puedan empezar a ser considerados en el diseño de estructuras organizacionales. Las fallas generadas por el paradigma tradicional en la gestión de la empresa ponen de manifiesto la necesidad de cambios en la comprensión y la orientación de las organizaciones empresariales.

## Referencias

- [1] R. L. Kahn, “Organizational Development: Some Problems and Proposals”, *The Journal of Applied Behavioral Science*, vol. 10, no. 4, pp. 485-502, 1974. doi: <https://doi.org/10.1177/002188637401000403>
- [2] M. Jobidon, A. Labrecque, I. Turcotte, V. Rousseau y S. Tremblay, “Adaptability in Crisis Management: The Role of Organizational Structure”. *Defence Research and Development*, pp. 6-15, 2013. Disponible en: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a587021.pdf>
- [3] H. Mintzberg, “The Structuring of Organizations”, *Readings in Strategic Management*. D. Asch y C. Bowman (Eds.), Londres: Palgrave, 1989, pp. 322-352. doi: [https://doi.org/10.1007/978-1-349-20317-8\\_23](https://doi.org/10.1007/978-1-349-20317-8_23)
- [4] K. Mukherjee, “Coopting formal and informal structures: Organization structuring from the perspective of complexity theory”, *Emergence: Complexity and Organization*, vol. 17, no. 2, pp. 1-11, 2015. doi: [10.17357.79f128f1c28f7e4304e6d83733e3f660](https://doi.org/10.17357.79f128f1c28f7e4304e6d83733e3f660). Disponible en: <https://journal.emergentpublications.com/article/coopting-formal-and-informal-structures/>
- [5] D. S. Alberts y R. E. Hayes, “Power to the edge: Command and control in the information age”, Office of the Assistant Secretary of Defense, Washington, DC. Command and Control Research Program (CCRP), Washington D.C., 2003, pp. 59-185. Disponible en: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a457861.pdf>

- [6] D. S. Alberts, "The agility advantage: a survival guide for complex enterprises and endeavors", Office of the Assistant Secretary of Defense (Networks and Information Integration), Washington D.C., 2011, pp. 203-227. Disponible en: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a631225.pdf>
- [7] O. Williamson y S. Winter, *The Nature of the Firm: Origins, Evolution and Development*, Nueva York: Oxford University Press, pp. 90-95, 1991.
- [8] S. Turnbull, "A New Way To Govern: Organizations And Society After Enron", *New Economics Foundation Pocketbook*, 6, 2002, pp. 18-26. doi: <https://doi.org/10.2139/ssrn.319867>
- [9] J. Ogilvy, *This Postmodern Business*, Nueva York: Elsevier, 1990, pp. 8-30. Disponible en: <https://goo.gl/J86vnh>
- [10] I. Prigogine y I. Stengers, *La nueva alianza: metamorfosis de la ciencia*, Madrid: Alianza Editorial, 2002 pp. 20-54.
- [11] A. Espinosa y L. E. Bohórquez Arévalo, "Theoretical Approaches To Managing Complexity In Organizations: A Comparative Analysis", *Estudios Gerenciales*, vol. 31, no. 134, pp. 20-29, 2015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.estger.2014.10.001>
- [12] E. Tachizawa y C. Y. Wong, "The Performance of Green Supply Chain Management Governance Mechanisms: A Supply Network And Complexity Perspective", *Journal Of Supply Chain Management*, vol. 51, no. 3, pp. 18-32, 2015. doi: <https://doi.org/10.1111/jscm.12072>
- [13] F. Aime, S. Humphrey, S. DeRue y J. Paul, "The Riddle Of Heterarchy: Power Transitions In Cross-Functional Teams", *Academy of Management Journal*, vol. 57, no. 2, pp. 327-352, 2015. doi: <https://doi.org/10.5465/amj.2011.0756>
- [14] D. Stark. "Heterarchy: Distributing intelligence and organizing diversity". *The Biology of Business: Decoding the Natural Laws of Enterprise*, 1999, p. 153-179. Disponible en: [https://books.google.com.co/books/about/The\\_biology\\_of\\_business.html?id=-\\_8JAQAAMAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.co/books/about/The_biology_of_business.html?id=-_8JAQAAMAAJ&redir_esc=y)
- [15] S. Atkinson y J. Moffat, "The agile organization: from informal networks to complex effects and agility", Assistant Secretary Of Defense (C3i/Command Control Research Program), Washington D. C., pp. 4-29, 2005. Disponible en: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a457169.pdf>
- [16] F. Heylighen, "Complexity and Information Overload in Society: why increasing efficiency leads to decreasing control", *The Information Society*, p. p. 1-44, 2002. doi: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.91.6233>
- [17] H. Fan, E. Cheng, G. Li y P. Lee, "The Effectiveness of Supply Chain Risk Information Processing Capability: An Information Processing Perspective", *IEEE Transactions On Engineering Management*, vol. 63, no. 4, pp. 414-425, 2016. doi: <https://doi.org/10.1109/TEM.2016.2598814>
- [18] D. Alberts, "Information Age Transformation: Getting to a 21st Century Military", Office Of The Assistant Secretary Of Defense Washington Dc Command And Control Research Program (CCRP), Washington D.C., pp. 31-76, 2002. Disponible en: [http://www.dodccrp.org/files/Alberts\\_IAT.pdf](http://www.dodccrp.org/files/Alberts_IAT.pdf)
- [19] J. Barney y P. Wright, "On Becoming A Strategic Partner: The Role Of Human Resources In Gaining Competitive Advantage", *Human Resource Management*, vol. 37, no. 1, pp. 31, 1998. doi: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-050X\(199821\)37:1<31::AID-HRM4>3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-050X(199821)37:1<31::AID-HRM4>3.0.CO;2-W)
- [20] F. Damanpour, "Organizational Innovation: A Meta-Analysis of Effect of Determinants and Moderators", *Academy of Management Journal*, vol. 34, no. 3, pp. 555-590, 1991. doi: <https://doi.org/10.5465/256406> <https://doi.org/10.1.1.679.609710.5465/256406>
- [21] H. Li y K. Atuahene-Gima, "Product Innovation Strategy and the Performance of New Technology Ventures in China", *Academy of Management Journal*, vol. 44, no. 6, pp. 1123-1134, 2001. doi: <https://doi.org/10.5465/3069392>
- [22] D. Lepak, R. Takeuchi y S. Snell, "Employment Flexibility and Firm Performance: Examining the Interaction Effects of Employment Mode, Environmental Dynamism and Technological Intensity", *Journal of Management*, vol. 29, no. 5, p. 681-703, 2003. doi: [https://doi.org/10.1016/S0149-2063\(03\)00031-X](https://doi.org/10.1016/S0149-2063(03)00031-X)
- [23] D. Upton, "The Management of Manufacturing Flexibility", *California Management Review*, vol. 36, no. 2, pp. 72-89, 1994. doi: <https://doi.org/10.2307/41165745>
- [24] M. Dotoli, M. Fanti, C. Meloni y M. Zhou, "A decision support system for the supply chain configuration, Systems, Man and Cybernetics", *IEEE International Conference*, pp. 2667-2672, 2003. doi: <https://doi.org/10.1109/ICSMC.2003.1244287>
- [25] N. Wu, N. Mao y Y. Qian, "An Approach to Partner Selection In Agile Manufacturing", *Journal Of Intelligent Manufacturing*, vol. 10, no. 6, pp. 519-529, 1999. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1008956620461>
- [26] N. Viswanadham y R. S. Gaonkar, "Partner Selection and Synchronized Planning In Dynamic Manufacturing Networks", *IEEE transactions on robotics and automation*, vol. 19, no. 1, pp. 117-130, 2003. doi: <https://doi.org/10.1109/TRA.2002.805659>

- [27] D. Watts, *Seis grados de separación. La ciencia de las redes en la era del acceso*, Barcelona: Paidós, 2006, pp. 5-73.
- [28] J. Hallam, "The optimum distribution of tasks among operators in a multiman-machine system". [Tesis Doctoral]. University of Aston in Birmingham, pp. 2-6, 1981. Disponible en: <https://goo.gl/46gFcF>
- [29] F. Diedrich, E. Entin, S. Hutchins, S. Hocevar, B. Rubineau y J. MacMillan, "When Do Organizations Need To Change (Part I)? Coping With Incongruence", *Proceedings of the International Command and Control Research and Technology*, pp. 2-18, 2003. Disponible en: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a467093.pdf>
- [30] E. Bonabeau, M. Dorigo y G. Theraulaz, *Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems*, Nueva York: Oxford University Press, 1999, pp. 8-18.
- [31] S. Neschachnow, "Algoritmos genéticos paralelos y su aplicación al diseño de redes de comunicaciones confiables", Instituto de Computación, Universidad de la República Montevideo, Uruguay, pp. 22-89, 2004. Disponible en: <https://goo.gl/jSMXTR>
- [32] P. Erdos y A. Rényi, "On The Evolution Of Random Graphs", *Publ. Math. Inst. Hung. Acad. Sci.*, vol. 5, pp. 17-61, 1960. doi: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.153.5943>
- [33] A. Barabási y R. Albert, "Emergence Of Scaling In Random Networks", *Science*, vol. 286, no. 5439, pp. 509-512, 1999. doi: <https://doi.org/10.1126/science.286.5439.509>
- [34] R. Albert, H. Jeong y A. Barabási, "Error And Attack Tolerance Of Complex Networks", *Nature*, vol. 406, no. 6794, p. 378, 2000. doi: <https://doi.org/10.1038/35019019>
- [35] D. Watts y S. Strogatz, "Collective Dynamics Of 'Small-World' Networks", *Nature*, vol. 393, no. 6684, p. 440, 1998. doi: <https://doi.org/10.1038/30918>
- [36] D. Watts, *Small Worlds: The Dynamics of Networks Between Order and Randomness*, Nueva York: Princeton Univ. Press, 1999, pp. 10-131.
- [37] S. Redner, "How Popular Is Your Paper? An Empirical Study Of The Citation Distribution", *The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems*, vol. 4, no. 2, p. 131-134, 1998. doi: <https://doi.org/10.1007/s100510050359>
- [38] L. Amaral, A. Scala, M. Barthelemy y H. Stanley, "Classes Of Small-World Networks", *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, vol. 97, no. 21, pp. 11149-11152, 2000. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.200327197>
- [39] S. Lamzabi, et al., "Modeling The Spread Of Virus In Packets On Scale Free Network", *International Journal of Modern Physics C*, vol. 27, no. 06, pp. 1650068, 2016. doi: <https://doi.org/10.1142/S0129183116500686>
- [40] X. Zhang, Z. Zhou y D. Cheng, "Efficient Path Routing Strategy For Flows With Multiple Priorities On Scale-Free Networks", *Plos One*, 2017, vol. 12, no. 2, pp. e0172035, 2017. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172035>
- [41] E. Bullmore y D. Bassett, "Brain Graphs: Graphical Models Of The Human Brain Connectome", *Annual Review Of Clinical Psychology*, vol. 7, pp. 113-140, 2011. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-040510-143934>
- [42] D. Bassett y E. Bullmore, "Small-World Brain Networks Revisited", *The Neuroscientist*, vol. 23, no. 5, pp. 499-516, 2017. doi: <https://doi.org/10.1177/1073858416667720>
- [43] L. Barroso, J. Dean, Jeffrey y U. Holzle, "Web Search For A Planet: The Google Cluster Architecture", *IEEE micro*, vol. 23, no. 2, pp. 22-28, 2003. doi: <https://doi.org/10.1109/MM.2003.1196112>
- [44] S. Balasubramanian, S. Ahuja, G. Nagarajan, A. Cellletti y F. Foston, "Multilayer Planning For Facebook Scale Worldwide Network", *Optical Network Design and Modeling (ONDM)*, pp. 1-6, 2017. Disponible en: <https://goo.gl/3VsyVp>
- [45] D. Gordon, R. Paul y K. Thorpe, "What Is The Function Of Encounter Patterns In Ant Colonies?", *Animal Behaviour*, vol. 45, no. 6, pp. 1083-1100, 1993. doi: <https://doi.org/10.1006/anbe.1993.1134>
- [46] G. Nitschke, "Emergence Of Cooperation: State Of The Art", *Artificial Life*, vol. 11, no. 3, pp. 367-396, 2005. doi: <https://doi.org/10.1162/1064546054407194>
- [47] S. Nicolis, G. Theraulaz y J. L. Deneubourg, "The Effect Of Aggregates On Interaction Rate In Ant Colonies", *Animal Behaviour*, vol. 69, no. 3, pp. 535-540, 2005. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2004.06.007>
- [48] E. Wilson, *Sociobiología*. Barcelona: Omega, 1980, p. 186.
- [49] M. L. Rodríguez-Palmero, *La teoría del aprendizaje significativo en la perspectiva de la psicología cognitiva*, Barcelona: Ediciones Octaedro, 2010, pp. 10-20.
- [50] D. Alma, "La arquitectura cerebral como responsable del proceso de aprendizaje", *Rev Mex. Neuroci*, vol. 14, no. 2, pp. 81-85, 2013.
- [51] G. Gagné, A. De Le Orden Hoz y A. González-Soler, *Las condiciones del aprendizaje*, Madrid: Ed. Aguilar, 1987, pp. 6-11.
- [52] J. I. Pozo, *Teorías cognitivas del aprendizaje*, Madrid: Ediciones Morata, 1989, pp. 39-54.
- [53] S. Achard, R. Salvador, B. Whitcher, J. Suckling y E. Bullmore, "A Resilient, Low-Frequency, Small-World Human Brain Functional Network With Highly Connected Association Cortical Hubs", *Journal of Neuroscience*, vol. 26, no. 1, pp. 63-72, 2006. doi: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3874-05.2006>

- [54] H. Lütcke, F. Gerhard, F. Zenke, W. Gerstner y F. Helmchen, "Inference Of Neuronal Network Spike Dynamics And Topology From Calcium Imaging Data", *Frontiers In Neural Circuits*, vol. 7, pp. 201. 2013. doi: <https://doi.org/10.3389/fncir.2013.00201>
- [55] E. Santarnecchi, G. Galli, N. Polizzotto, A. Rossi y S. Rossi, "Efficiency Of Weak Brain Connections Support General Cognitive Functioning", *Human Brain Mapping*, vol. 35, no. 9, pp. 4566-4582, 2014. doi: <https://doi.org/10.1002/hbm.22495>
- [56] J. Konorski. *Conditioned Reflexes And Neuron Organization*. Nueva York: Cambridge University Press, 1948, pp. 5-31.
- [57] V. Demarin y S. Morovic, "Neuroplasticity", *Periodicum Biologorum*, vol. 116, no. 2, pp. 209-211, 2014. [https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=186735](https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=186735).
- [58] R. Reagans, "Close Encounters: Analyzing How Social Similarity And Proximity Contribute To Strong Network Connections", *Organization Science*, vol. 22, no. 4, pp. 835-849, 2011. doi: <https://doi.org/10.1287/orsc.1100.0587>
- [59] M. Granovetter, "The Strength of Weak Ties", *American Journal of Sociology*, vol. 78, no. 6, pp. 1360-1380, 1973. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-442450-0.50025-0>
- [60] BBC, Cómo funcionan las empresas que se deshicieron de los gerentes, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://goo.gl/RFbaLP>.
- [61] N. Siggelkow y D. Levinthal, "Temporarily Divide to Conquer: Centralized, Decentralized, and Reintegrated Organizational Approaches to Exploration and Adaptation", *Organization Science*, vol. 14, no. 6, pp. 650-669, 2003. doi: <https://doi.org/10.1287/orsc.14.6.650.24840>
- [62] S. Turnbull, "Grounding A Theory Of Firms In The Natural Sciences", *Humanistic Management Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 159-186, 2017. doi: <https://doi.org/10.1007/s41463-016-0017-z>
- [63] J. Driskell y E. Salas, "Collective Behavior And Team Performance", *Human Factors*, vol. 34, no. 3, pp. 277-288, 1992. doi: <https://doi.org/10.1177/001872089203400303>
- [64] D. Baker, R. Day y E. Salas, "Teamwork As An Essential Component Of High-Reliability Organizations", *Health Services Research*, vol. 41, no. 4p2, pp. 1576-1598, 2006. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1475-6773.2006.00566.x>
- [65] J. Brown y D. Isaacs, *The World Café: Shaping Our Futures Through Conversations That Matter*. San Francisco: Berrett-Koehler Publishers, 2005, pp. 10-26.
- [66] R. Zammuto, T. Griffith, A. Majchrzak, D. Dougherty, Deborah y S. Faraj, "Information Technology And The Changing Fabric Of Organization", *Organization Science*, vol. 18, no. 5, pp. 749-762, 2007. doi: <https://doi.org/10.1287/orsc.1070.0307>
- [67] L. E. Posada-Bohórquez, "Auto-organización empresarial como alternativa para incrementar la agilidad organizacional. Una comparación de escenarios de simulación multiagente"., 2017, pp. 3-12. [Tesis maestría en Ingeniería Industrial].
- [68] R. Garud y M. Turunen, "The Banality of Organizational Innovations: Embracing the Substance-Process Duality", *Innovation*, vol. 19, no. 1, pp. 31-38, 2017. doi: <https://doi.org/10.1080/14479338.2016.1258996>
- [69] B. Fosbrook, "Evolution through Heterarchical Organization", *Business History Review*, vol. 90, no. 4, pp. 719-725, 2016. doi: <https://doi.org/10.1017/S000768051700006X>