

Elementos Estructurales y Funcionales de los Sistemas Multi-Agente para la Cooperación Organizacional en Medianas Empresas

Adith Pérez⁽¹⁾, Vanessa Pertuz⁽¹⁾, Magaly Leiva⁽²⁾ y Adriana Vega⁽¹⁾

(1) Universidad de Santander, Facultad de Ingenierías, Grupo de Investigación Nuevas Tecnologías-UDES. Valledupar, Colombia. (e-mail: adi.perez@mail.udes.edu.co; van.pertuz@mail.udes.edu.co; val13151008@mail.udes.edu.co)

(2) Universidad Doctor Rafael Belloso Chacín, Decanato de Investigación y Postgrado, Programa de Doctorado en Ciencias Mención Gerencia, Maracaibo, Venezuela. (e-mail: magaly_leiva5@hotmail.com)

Recibido Oct. 24, 2018; Aceptado Dic. 20, 2018; Versión final Feb. 1, 2019, Publicado Ago. 2019

Resumen

Se analiza la presencia de los elementos estructurales y funcionales de los Sistemas Multi-Agente en las medianas empresas, identificando la oportunidad para fortalecer los vínculos de cooperación entre ellas. La investigación se fundamenta epistemológicamente en la escuela de pensamiento del positivismo lógico, con enfoque cuantitativo, desde el paradigma positivista, y de tipo descriptivo. La muestra corresponde a cuarenta y cuatro medianas empresas del municipio de Valledupar, Colombia, con capitales entre US\$1.300.000 a US\$ 4.000.000. Los resultados destacan la presencia de los elementos y funciones de los Sistemas Multi-Agente en las medianas empresas encuestadas. Adicionalmente, se demostró la presencia de los vínculos de cooperación organizacional, destacándose los indicadores de extensión, intensidad, renovación, especialización y adaptabilidad. Sin embargo, se observa una mediana presencia del indicador de estabilidad de los vínculos de cooperación. Esto constituye una oportunidad para el desarrollo de capacidades de cooperación, mecanismos de negociación, confianza mutua y aprovechamiento de sinergias.

Palabras clave: sistemas multi-agente; cooperación organizacional; medianas empresas; indicador de estabilidad

Structural and Functional Elements of Multi-Agent Systems for the Organizational Cooperation in Medium-sized Companies

Abstract

The presence of the structural and functional elements of the Multi-Agent systems inside medium-sized companies, identifying the opportunity to strengthen the cooperation links between them. The research is epistemologically based on the school of logical positivism, with quantitative approach, and descriptive type. The sample are forty-four (44) medium-sized companies of the Valledupar municipality, Colombia, with capitals between US\$ 1.300.000 and US\$ 4.000.000. The results show the presence of the elements and functions of the Multi-Agent systems in the surveyed medium-sized companies. In addition, the presence of organizational cooperation links was demonstrated, especially to the characteristics of extension, intensity, renewal, specialization and adaptability. However, a low presence of the stability characteristic of cooperation links is observed. This represents an opportunity for the development of cooperation capacities, negotiation mechanisms, mutual trust and use of synergies.

Keywords: multi-agent system; business relationship; medium-sized companies; stability indicators

INTRODUCCIÓN

Los Sistemas Multi-Agente son un paradigma que permite abstraer situaciones del mundo real a modelos de procesos distribuidos de toma de decisiones. Los Sistemas Multi-Agente representan un conjunto de entidades autónomas que interactúan para resolver un problema. Las interacciones entre las entidades que conforman el sistema ocurren debido a la relación entre objetivos, la disponibilidad de recursos, o la competencia de las entidades para desarrollar una tarea. La cooperación en Sistemas Multi-Agente corresponde a un tipo de interacción, donde las entidades alinean sus metas independientes para lograr un objetivo común. La cooperación entre las diferentes entidades autónomas permite que el conjunto de entidades solucione problemas que de forma individual sería imposible. En sinopsis, Los Sistemas Multi-Agente se organizan en diferentes arquitecturas, modelos y adaptaciones para representar las características específicas de una problemática. Por otra parte, los ecosistemas organizacionales de hoy en día exigen un alto nivel de interacción e interdependencia para aumentar la productividad y la sostenibilidad. El mundo globalizado en el que nos encontramos presenta nuevas oportunidades de negocio, nuevos mercados, o innovaciones que las organizaciones deben aprovechar para aumentar su rentabilidad. Las empresas son entidades que poseen sus planes estratégicos, objetivos a lograr, están sujetas a las demandas del mercado, cuentan con el conocimiento de sus colaboradores y disponen de recursos económicos limitados. Los vínculos de cooperación empresarial son mecanismos estructurados, legales o emergentes que facilitan los procesos de negociación e interacción entre diferentes empresas. En síntesis, las empresas se encuentran en una situación compleja donde deben tomar las decisiones acertadas en momentos determinados para satisfacer las necesidades, aprovechar las oportunidades, mejorar las condiciones de sus trabajadores e incrementar sus ganancias. El presente artículo se encuentra organizado de la siguiente manera, inicialmente se estudian los elementos estructurales y funcionales de los Sistemas Multi-Agente. Seguidamente, se analiza la fortaleza de los vínculos de cooperación organizacional. Posteriormente, se especifica la metodología de la investigación. Luego, los resultados son expuestos a la luz del análisis crítico y la comparación con las teorías precedentes. Finalmente, se presentan las conclusiones y trabajos futuros.

Elementos estructurales de los Sistemas Multi-Agentes

El paradigma de Sistemas Multi-Agente proviene de la integración de los trabajos realizados en Inteligencia Artificial (IA) y los Sistemas Distribuidos (SD). Los Sistemas Multi-Agente corresponden a una aproximación para modelar sistemas complejos con múltiples entidades simples relacionadas. La primera definición formal data de la publicación del libro "Multi-agent systems: An introduction to distributed artificial intelligence" de Jacques Ferber (1999), el autor define un agente como una entidad física o virtual que se encuentra en un entorno, percibe y representa parcialmente este entorno, y sobre el cuál, actúa de manera autónoma y proactiva; también cuenta con un conjunto de objetivos, los cuales tiende a satisfacer por medio de su conducta. Para el mismo autor, el agente posee habilidades, está en capacidad de ofrecer servicios; y dispone de recursos propios.

En la misma línea, para Wooldridge y Jennings (2000), un agente es un programa con la capacidad de controlar su propio proceso de toma de decisiones, basado únicamente en la percepción de su entorno y que busca el logro de una de sus metas. Igualmente, Maes (1994), define los agentes autónomos como sistemas computacionales que existen en un entorno dinámico y complejo, percibe los estados del entorno, actúan autónomamente y llevan a cabo una serie de tareas para cumplir los objetivos con los cuales fueron diseñados. De acuerdo con Russell (2015), un agente racional, es una entidad física (robot) o virtual (software), capaz de actuar de manera racional, al obtener una serie de percepciones del entorno, en el que se sitúa, y teniendo en cuenta sus recursos, conocimientos, y habilidades, el agente debe seleccionar la acción más adecuada, para lograr sus objetivos. Para efectos del presente artículo se conciben los siguientes indicadores relacionados con los elementos estructurales de los Sistemas Multi-Agente: El agente como entidad lógica, física, jurídica o virtual (Vanhée et al., 2014; Russell, 2015). El entorno que corresponde al medio ambiente donde se sitúa el agente (Kemchi et al., 2018). La organización que concierne a la forma de ordenar sus diferentes componentes (Cardoso et al., 2018). Y las interacciones que determinan la forma de interactuar entre los diferentes agentes que constituyen el sistema, dependiendo de los objetivos, disponibilidad de recursos y habilidades individuales de los agentes (González et al., 2018 y Hamani et al., 2018).

Funciones de los Sistemas Multi-Agente

El presente artículo asume las funciones de Sistemas Multi-Agentes propuestas por (Ferber, 1999), quien indica que estas corresponden al conjunto de actividades que el Sistema Multi-Agente debe desarrollar para lograr sus metas. Las funciones consideradas son: Colaboración (Hofer et al., 2018), coordinación (Subagdja et al., 2019), resolución de conflictos (Deshpande et al., 2018), y comunicación (Ahmed et al., 2009; Nodine y Chandrasekara, 1999; Tadiou et al., 2000; Vaniya et al., 2011 y Soon et al., 2019).

Específicamente, la colaboración corresponde a la asignación de tareas, responde a la pregunta de quién realiza una tarea o utiliza un recurso (Hoefler et al., 2018). La coordinación, soportada por técnicas de planificación y sincronización de acciones, determina cuándo debe actuar cada agente (Subagdja et al., 2019). La gestión de los conflictos, que surgen por uso concurrente recursos o metas temporalmente incompatibles, asegura que no haya bloqueos permanentes entre los agentes que pueden entrar en conflicto (Deshpande et al., 2018). Finalmente, la comunicación permite la ejecución de protocolos de interacción, los cuales se componen de secuencias estructuradas y ordenadas de mensajes intencionales que se intercambian entre los agentes cooperantes; la comunicación puede realizarse de forma explícita por mensajes o de forma implícita por señales dejadas en el ambiente (Ahmed et al., 2009; Nodine y Chandrasekara, 1999; Tadiou et al., 2000; Vaniya et al., 2011 y Soon et al., 2019). En referencia a antecedentes relacionados; Bohorquez (2014) presenta un modelo conceptual de auto-organización para el logro de actuaciones conjuntas en las empresas. Por su parte, Marín y Gómez (2011), desarrollan un Sistema Multi-Agente que permite la obtención local de los datos del tráfico LAN por servicios y recursos utilizados en cada uno de los equipos de red.

Fortaleza de los Vínculos de Cooperación Organizacional

Las organizaciones necesitan establecer relaciones dinámicas entre ellas que les permitan aprovechar las sinergias, disminuir los riesgos y aprovechar las oportunidades de realizar actividades productivas conjuntas con otras. Las relaciones establecidas entre las organizaciones responden a un modelo dinámico que se instaura a partir de intenciones recíprocas o necesidades. Las características de durabilidad que poseen estas relaciones se denominan vínculos de cooperación. Por su parte, Rodríguez et al. (2014), plantean que los modelos de relación entre empresas están fuertemente establecidos. Las apreciaciones relativas a mercados nuevos o actividades de innovación no se llevan a la realidad porque entran en conflicto con poderosos modelos mentales. Una de las condiciones necesarias para la cooperación organizacional es la identificación y la construcción de una “visión compartida”, a la que se considera como la creación de un interés común, una confianza mutua. Las organizaciones crean una sensación de vínculo común que permea a la empresa y propone coherencia a las actividades divergentes. Una visión compartida es de enorme importancia para la organización que coopera porque concentra la energía y los recursos en aumentar la productividad. Una visión compartida es la primera etapa para que las empresas que expresaban mutua desconfianza, comiencen a trabajar conjuntamente (Cobo y Herve, 2008).

Para efectos del presente artículo, se analizan la fortaleza de los vínculos de cooperación organizacional, a partir de los siguientes indicadores: extensión (Aboal et al., 2018), intensidad (Missaoui et al., 2017), estabilidad (Lucas et al., 2018), renovación (Arrais et al., 2018), especialización – totipotencia (Gonzalez et al. 2007) y adaptabilidad (Chamoso et al., 2018 y Ali y Ahmad, 2018). Los vínculos de cooperación organizacional corresponden a una estrategia para que las empresas solucionen problemas cuyas características necesitan de esfuerzos conjuntos que aprovechen sinergias. Los vínculos de cooperación se definen como el conjunto de actividades voluntariamente ejecutadas por las empresas para lograr metas comunes, de crecimiento en la competitividad como una vía para la sostenibilidad, y crecimiento. Los vínculos de cooperación se constituyen en un proceso y no una forma legal o de dependencia financiera, sin la implicación de que dichas actividades conduzcan a formalismos establecidos, tales como contratos, o alianzas estratégicas. Este proceso se puede dividir en cinco etapas sucesivas: la identificación, la promoción, el plan de negocio, la formalización y la administración. (Ojeda y Puga 2010). En referencia a antecedentes de la cooperación organizacional; Michalus et al. (2015) aportan evidencia empírica a favor del empleo de Redes de Workflow derivadas de las Redes de Petri clásicas, para generar soluciones alternativas de cooperación adaptable de Pequeñas y Medianas Empresas (PyMes). En el mismo sentido, Rodríguez et al. (2014) y Michalus y Hernández (2012) concluyen que los esquemas de cooperación organizacional son una alternativa para fortalecer la competitividad. A este tenor, Minguez (2015) y Ojeda y Puga (2010) concluyen que la cooperación permite a las empresas de menor tamaño crear ventajas competitivas dirigidas a superar los obstáculos inherentes al mercado internacional. De este modo, Sandrea (2013) concluye que el desarrollo endógeno está asociado a la cooperación empresarial.

METODOLOGÍA

La presente investigación se enmarca en la escuela de pensamiento del positivismo lógico o empirismo lógico (Briones, 1996). Adicionalmente, la investigación se aborda desde un enfoque cuantitativo y un paradigma positivista (Hurtado de Barrera, 2010). El artículo considera un tipo de investigación descriptiva, de tipo no experimental y transeccional (Hernandez et al., 2014) y con un diseño de campo (Tamayo, 2011). La población de la investigación, está constituida por las medianas empresas del municipio de Valledupar, Cesar, Colombia, legalmente constituidas y con domicilio comercial en Valledupar, integrada por 81 empresas, considerando la información reportada por la Cámara de Comercio de Valledupar. En la población de estudio se incluyen empresas con capital legal reportando entre 1'300.000 (US\$) y 4'000.000 (US\$). La investigación utilizó un muestreo probabilístico, de tipo aleatorio simple. Posterior a la aplicación de la fórmula para el cálculo del

tamaño óptimo de la muestra en poblaciones finitas propuesta por (Martínez Bencardino, 2012), se obtiene una muestra de 44 organizaciones. La investigación se realiza en medianas empresas por considerarlas una oportunidad donde la cooperación puede impulsar la productividad de las mismas; a diferencia de las pequeñas empresas que luchan día a día por su supervivencia. Asimismo, de acuerdo con (Dundon y Wilkinson, 2009) las medianas empresas juegan un rol importante en el crecimiento de las economías en los países en desarrollo. Las medianas empresas también son conocidas como mayores fuentes de generación de empleo en múltiples países.

En el marco de las técnicas de recolección de datos, la investigación utiliza la encuesta (Martínez Ruiz, 2012). De otro lado, el instrumento de recolección de datos corresponde a un cuestionario de preguntas cerradas (Hernandez et al., 2014). El cuestionario en referencia está conformado por cuarenta y dos (42) ítems con escala tipo Likert con 5 opciones de respuesta: 5: Siempre, 4: Casi siempre, 3: Algunas veces, 2: Casi nunca, 1: Nunca. Los ítems se estructuraron a partir de los indicadores de elementos y funciones de Sistemas Multi-Agente, así como de los vínculos de cooperación organizacional propuestos por la literatura. En la sección de introducción se detallan los autores considerados. Para efectos de validez y confiabilidad se consideran los aspectos asociados a la validez de contenido mediante juicio de expertos y la confiabilidad mediante el coeficiente de alfa de Cronbach (Hernandez et al., 2014). Para la estimación de la confiabilidad se efectúa una prueba piloto (Mendez, 2005), con unidades de análisis de características similares a la población, representadas en este caso por diez (10) medianas empresas de la región. Específicamente, se obtiene una confiabilidad del alfa de Cronbach de 0,93 lo que indica que el instrumento tiene una muy alta confiabilidad, asegurando un muy alto nivel de consistencia interna en las respuestas obtenidas por parte de los informantes claves. Para la interpretación de los datos se estableció un punto de comparación o baremo de interpretación; el cual fue construido, para efectuar el proceso de confrontación de los resultados. A continuación, se presenta el baremo utilizado para el análisis promedio del indicador (Tabla 1). Asimismo, se calculó la desviación estándar con el objeto de conocer la dispersión de los datos. Para tal fin, se plantea un baremo de interpretación para la desviación estándar presentado en la tabla 1.

Tabla 1: Baremo ponderado para el análisis de las medias y desviación estándar.

<i>Baremo ponderado para la media</i>			<i>Baremo ponderado para la desviación estándar</i>		
<i>Intervalos</i>	<i>Categorías para interpretación del resultado de la media</i>	<i>Convención</i>	<i>Intervalos</i>	<i>Categorías para la interpretación del resultado de la desviación</i>	<i>Convención</i>
4,20 – 5,00	Muy presente	MP	1,39-1,55	Muy alta dispersión	MAD
3,40 – 4,19	Presente	P	1,23-1,38	Alta dispersión	AD
2,60 – 3,39	Medianamente presente	MEP	1,07-1,22	Dispersión intermedia	DI
1,80 – 2,59	Poco presente	PP	0,91-1,06	Baja dispersión	BD
1,00 – 1,79	Ausente	A	0,75-0,90	Ausente dispersión	AUD

RESULTADOS

Para comenzar, el investigador analiza los resultados obtenidos de la aplicación de la encuesta, abordando el tratamiento estadístico descriptivo de los datos. El análisis estadístico se realiza mediante el estudio de parámetros de tendencia central, específicamente la media y la desviación estándar. Los resultados de estos parámetros son examinados a partir de los baremos de análisis de datos enunciados en la sección de metodología.

Elementos de los Sistemas Multi-Agente

En la tabla 2 se observan las frecuencias de las respuestas obtenidas para las preguntas relativas a la presencia de los elementos de los Sistemas Multi-Agentes en las medianas empresas, cuyos indicadores son: agente, entorno, organización e interacción.

Tabla 2: Elementos de los Sistemas Multi-Agentes.

<i>Indicadores</i>	<i>Nunca</i>		<i>Casi nunca</i>		<i>Algunas veces</i>		<i>Casi siempre</i>		<i>Siempre</i>		<i>Total</i>		<i>Media</i>		<i>Desviación Estándar</i>	
	<i>Fa</i>	<i>%</i>	<i>Fa</i>	<i>%</i>	<i>Fa</i>	<i>%</i>	<i>Fa</i>	<i>%</i>	<i>Fa</i>	<i>%</i>	<i>Fa</i>	<i>%</i>				
Agente	0	0	2	5	10	23	17	39	15	34	44	100	4,01	P	0,90	AUD
Entorno	1	2	5	11	12	27	11	25	15	34	44	100	3,74	P	1,11	DI
Organización	1	2	4	9	7	16	11	25	21	48	44	100	4,08	P	1,09	DI
Interacción	6	14	9	20	18	41	7	16	4	9	44	100	2,85	MEP	1,14	DI
Media de la dimensión															3,67	P
Dispersión de la dimensión															1,17	DI

En primer lugar; el indicador agente, la aplicación del instrumento obtuvo una media de 4,01. Lo que demuestra que el indicador se encuentra presente de acuerdo con el baremo de análisis de la media. Asimismo, se obtiene una desviación estándar de 0,90 lo revela poca dispersión en las respuestas de la muestra objeto del estudio. En referencia al indicador agente la literatura (Vanhée et al., 2014) establece que las organizaciones identifican que ellas se encuentran situadas en un entorno determinado, el cuál tienen la capacidad de percibir y poseen la habilidad de actuar proactivamente en el para de esta manera propender por cumplir con las metas establecidas (Russell y Norvig, 2015). La evidencia empírica demuestra que las organizaciones estudiadas consideran la estructura de agente al interior de sus empresas con un alto grado de presencia. En segundo lugar, el indicador entorno, la aplicación del instrumento obtuvo una media de 3,74. Lo que demuestra que el indicador se encuentra presente de acuerdo con el baremo de análisis de la media. Igualmente, se obtiene una desviación estándar de 1,11 lo que sugiere una dispersión intermedia en las respuestas de la muestra. En referencia al indicador entorno la literatura establece que las organizaciones están en capacidad de percibir su entorno (Russell y Norvig, 2015; Wooldridge, 2011 y Kemchi et al., 2018). Sin embargo, al analizar las repuestas se determina que no todas las organizaciones ejecutan acciones para modificar proactivamente su entorno. En general, y en contraposición de la discusión teórica, las organizaciones estudiadas responden reactivamente a los cambios del entorno, y no establecen planes proactivos para modificar el ambiente a su beneficio, no establecen modelos internos de representación del interno ni predicen los comportamientos o tendencias del mercado.

En tercer lugar, en el indicador de organización, el cual se refiere a la estructura interna de las empresas. La aplicación del instrumento revelo una media de 4,08, lo que indica que el indicador está presente de acuerdo con el baremo de análisis de la media. De la misma manera, el instrumento exhibe una desviación estándar de 1,09 lo cual explica una dispersión de carácter intermedio en las respuestas de las empresas consultadas. En referencia al indicador organización la literatura establece que las empresas son conscientes de la necesidad de establecer estructuras, normas y reglamentos al interior de ellas mismas (Russell y Norvig, 2015 y Cardoso et al., 2018). Así en algunos casos estas estructuras o normas internas respondan a comportamientos emergentes. En cuarto lugar, el indicador interacción, obtiene una media de 2,85, lo que justifica que el indicador se encuentra medianamente presente de acuerdo con el baremo. De este modo, se obtiene una desviación estándar de 1,14 lo que prueba una dispersión intermedia en las respuestas de las empresas muestreadas. En referencia al indicador interacción la literatura establece que las organizaciones determinan estructuras y comportamientos con la intención de crear y mantener relaciones sinérgicas con otras empresas (Ferber, 1999; Kaur y Singh, 2015 y Hamani et al., 2018). En este caso, se determinó que en las empresas estudiadas este indicador está en una presencia media, de forma tal, que corresponde a una oportunidad para fortalecer las estrategias y ampliar la capacidad de cooperación entre ellas, con la intención de obtener mejores resultados posteriores.

Considerando los resultados anteriores, la media de los elementos de los Sistemas Multi-Agentes se sitúa en 3,67, lo que pone de manifiesto que se encuentra presente de acuerdo con el baremo de interpretación. De igual manera, se obtiene una desviación de 1,17, lo que establece una dispersión intermedia en las respuestas. Sobre la base de los resultados correspondientes a los elementos de los Sistemas Multi-Agentes se corroboran los planteamientos presentados por las bases teóricas. De otro lado, la tabla 3 muestra los resultados obtenidos para la dimensión funciones de los Sistemas Multi-Agentes, cuyos indicadores corresponden a: colaboración, coordinación, resolución de conflictos y comunicación.

Tabla 3: Funciones de los Sistemas Multi-Agentes.

Indicadores	Nunca		Casi nunca		Algunas veces		Casi siempre		Siempre		Total		Media		Desviación Estándar	
	Fa	%	Fa	%	Fa	%	Fa	%	Fa	%	Fa	%				
Colaboración	7	16	4	9	13	30	8	18	12	27	44	100	3,36	MEP	1,37	AD
Coordinación	4	9	2	5	12	27	10	23	16	36	44	100	3,73	P	1,23	AD
Resolución de conflictos	12	27	5	11	10	23	7	16	10	23	44	100	2,95	MEP	1,49	MAD
Comunicación	5	11	4	9	7	16	8	18	20	45	44	100	3,80	P	1,38	AD
Media de la dimensión													3,55 P			
Desviación estándar de la dimensión													1,32 AD			

En primer lugar, el indicador colaboración, se obtuvo una media de 3,36, lo que establece que el indicador se encuentra medianamente presente de acuerdo con el baremo de análisis. Igualmente, se obtiene una desviación estándar de 1,37 lo evidencia una alta dispersión en las respuestas de la. Frente, al indicador colaboración la literatura establece que las organizaciones buscan la oportunidad de realizar acciones de colaboración para cumplir con objetivos comunes (Ferber, 1999 y Hoefler et al., 2018). En segundo lugar, el indicador de coordinación, se obtuvo una media de 3,73, lo que manifiesta que el indicador se encuentra

presente de acuerdo con el baremo de análisis de la media. Asimismo, se obtiene una desviación estándar de 1,23 lo expresa una alta dispersión en las respuestas de la muestra. Frente al indicador de coordinación la literatura establece que las organizaciones interesadas en realizar negocios con sus pares están dispuestas a coordinar en tiempo y recursos para cumplir con los objetivos trazados (Ferber, 1999 y Subagdja et al., 2019).

En tercer lugar, el indicador de resolución de conflictos, se obtuvo una media de 2,95, lo que comprueba que el indicador se encuentra medianamente presente de acuerdo con el baremo. También, se obtiene una desviación estándar de 1,49 lo que argumenta una muy alta dispersión en las respuestas de la muestra. Frente al indicador resolución de conflictos la literatura establece que las empresas estudiadas no definen ni recurren comúnmente a mecanismos y estrategias para resolver los conflictos que se presentan en su cotidianidad (Ferber, 1999; Gonzalez y Pérez, 2012 y Deshpande et al., 2018). En cuarto lugar, el indicador de comunicación, se obtuvo una media de 3,80, lo que da testimonio de que el indicador se encuentra presente de acuerdo con el baremo de análisis. De esta manera, se obtiene una desviación estándar de 1,38 lo que confirma una alta dispersión en las respuestas de los informantes claves. Respecto al indicador de comunicación la literatura establece al igual que la coordinación de acciones, que las empresas están dispuestas a la apertura y a compartir información con el interés de cumplir con los objetivos propuestos (Farias y Pérez, 2002; Kaur y Singh, 2015 y Vaniya et al., 2011). Considerando los resultados anteriores, la media de la dimensión relativa a las funciones de los Sistemas Multi-Agentes se encuentra en 3,55, lo que evidencia que se encuentra presente de acuerdo con el baremo de interpretación. Igualmente, se obtiene una desviación de 1,32, lo que prueba una alta dispersión en las respuestas de la dimensión. Sobre la base de los resultados correspondientes a la dimensión funciones de los Sistemas Multi-Agente se validan los planteamientos de Ferber (1999), Ferber et al. (2003) y Gonzalez y Pérez (2012).

Fortaleza de los Vínculos de Cooperación Empresarial

En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos para la dimensión fortaleza de los vínculos de cooperación empresarial, cuyos indicadores son: extensión, intensidad, estabilidad, renovación, especialización y adaptabilidad.

Tabla 4: Fortaleza de los vínculos de cooperación.

Indicadores	Nunca		Casi nunca		Algunas veces		Casi siempre		Siempre		Total		Media		Desviación Estándar	
	Fa	%	Fa	%	Fa	%	Fa	%	Fa	%	Fa	%				
Extensión	4	9	2	5	10	23	12	27	16	36	44	100	3,72	P	1,27	AD
Intensidad	5	11	4	9	12	27	12	27	11	25	44	100	3,47	P	1,27	AD
Estabilidad	5	11	11	25	17	39	7	16	4	9	44	100	2,91	MEP	1,11	DI
Renovación	5	11	5	11	11	25	12	27	11	25	44	100	3,40	P	1,31	AD
Especialización – Totipotencia	3	7	7	16	10	23	11	25	13	30	44	100	3,59	P	1,24	AD
Adaptabilidad	2	5	4	9	14	32	11	25	13	30	44	100	3,69	P	1,11	DI
Media de la dimensión												3,45 P				
Desviación estándar de la dimensión												1,25 AD				

En primer lugar, para el indicador extensión, se obtuvo una media de 3,72, lo que muestra que el indicador se encuentra presente de acuerdo con el baremo. Además, se obtiene una desviación estándar de 1,27 lo cual acusa una alta dispersión en las respuestas de la muestra objeto de estudio. En referencia al indicador extensión la literatura establece que las medianas empresas estudiadas están dispuestas a mantener en el tiempo una relación de cooperación con las organizaciones con las que se relacionan (Jimenez y Sanchez, 2007 y Aboal et al., 2018). En segundo lugar, el indicador intensidad, demuestra una media de 3,47, lo que expone que el indicador se encuentra presente de acuerdo con el baremo de análisis de la media. También, se obtiene una desviación estándar de 1,27, lo cual argumenta una alta dispersión en las respuestas de la muestra objeto de estudio. En referencia al indicador intensidad, en contraposición a la literatura los vínculos establecidos entre las organizaciones son débiles y no están sujetos a mecanismos de confianza mutua (Rodriguez et al., 2014 y Missaoui et al., 2017). En tercer lugar, el indicador estabilidad, presenta una media de 2,91, lo que sostiene que el indicador se encuentra medianamente presente de acuerdo con el baremo. De esta forma, se obtiene una desviación estándar de 1,11 lo indica una dispersión intermedia en las respuestas de la muestra de medianas empresas. A diferencia de lo sostenido en la literatura, los datos observados establecen que los vínculos de cooperación no son estables y por lo tanto las acciones de cooperación iniciadas pueden no cumplirse a cabalidad (Jimenez y Sanchez, 2007 y Ojeda y Puga 2010).

En cuarto lugar, en cuanto al indicador de renovación, se observó una media de 3,40, lo que comprueba que el indicador se encuentra presente de acuerdo con el análisis de la media. Asimismo, se obtiene una desviación estándar de 1,31 lo que exhibe una alta dispersión en las respuestas del objeto de estudio. En correspondencia al indicador renovación, la literatura y la observación empírica establecen que las

organizaciones que obtienen resultados positivos están dispuestas a continuar con las relaciones de negocio antes establecidas (García, 1995). En quinto lugar, el indicador especialización-totipotencia, se comprobó una media de 3,59, lo que apunta a que el indicador se encuentra presente de acuerdo con el análisis. Además, se obtiene una desviación estándar de 1,24 lo cual testifica una alta dispersión en las respuestas de la muestra objeto de estudio. En referencia al indicador especialización- totipotencia la literatura establece que las organizaciones encuestadas se identifican claramente con un producto y servicio en especial, de forma tal que es posible establecer relaciones de cooperación en el caso de que sus habilidades sean complementarias (Farias y Pérez, 2002).

En sexto lugar, para el indicador adaptabilidad, se consiguió una media de 3,69, lo que sostiene que el indicador se encuentra presente de acuerdo con análisis de la media. Igualmente, se obtiene una desviación estándar de 1,11 lo cual muestra una dispersión intermedia en las respuestas de la muestra. En referencia al indicador adaptabilidad la literatura establece que las organizaciones estudiadas se adaptan a las condiciones cambiantes presentadas por el mercado (Jimenez y Sanchez, 2007 y Chamoso et al., 2018). Considerando los resultados anteriores, la media de la dimensión fortaleza de los vínculos de cooperación se ubica en 3,45, lo que demuestra que se encuentra presente de acuerdo con el baremo de interpretación. De igual manera, se obtiene una desviación de 1,25 lo que comprueba una alta dispersión en las respuestas de la dimensión.

CONCLUSIONES

Una vez presentados y analizados los resultados del presente artículo se concluye lo siguiente: Se destacan la presencia de los elementos de los Sistemas Multi-Agentes en las medianas empresas del municipio de Valledupar. Específicamente, se concluye la presencia de los elementos correspondientes a: agente, entorno y organización. Es decir, las medianas empresas encuestadas se reconocen como una entidad lógica o física claramente diferenciada de las demás; que percibe su entorno y son capaces de iniciar acciones para modificarlo; y poseen reglamentos necesarios para la correcta organización al interior de ellas. No obstante, las empresas analizadas demuestran una mediana presencia de interacción en sus actividades. Debido a que no se establecen procesos de cooperación motivados y frecuentes que les permitan aprovechar las sinergias y la complementariedad de sus capacidades.

Equivalentemente, se destaca la fuerte presencia de las funciones de coordinación y comunicación en las medianas empresas analizadas. Es decir, que las empresas encuestadas disponen de mecanismos para sincronizar su funcionamiento con proveedores, clientes y colaboradores. Además, disponen de canales de comunicación actualizados y hacen uso de ellos. En contraste, existe una mediana presencia de las funciones de colaboración y resolución de conflictos. Lo cual indica que las empresas no poseen o no utilizan mecanismos legales de resolución de conflictos cuando estos se presentan.

De otro lado, se observó la presencia de la fortaleza de los vínculos de cooperación organizacional, destacándose la presencia de los indicadores de extensión, intensidad, renovación, especialización y adaptabilidad. Sin embargo, se concluye una mediana presencia de la estabilidad de los vínculos de cooperación. Lo cual indica que las empresas no realizan procesos de cooperación sostenidos a largo plazo. Como trabajos futuros, se busca realizar la simulación de ecosistemas empresariales que permitan generar escenarios y evaluar la aplicación de estrategias de inteligencia artificial a diferentes contextos y facilitar el proceso de toma de decisiones al interior de las organizaciones.

REFERENCIAS

- Aboal, D., F. Rovira y F. Veneri, Knowledge networks for innovation in the forestry sector: Multinational companies in Uruguay, *Forest Policy and Economics*, 97, 9-20 (2018)
- Ahmed, M., M. S. Ahmad y M. Z. Mohd, A Review and Development of Agent Communication Language, *Electronic Journal of Computer Science & Information Technology*, 1(1), 7-12 (2009)
- Ali, N. y F. Ahmad, Agent based Architecture for Modeling and Analysis of Self Adaptive Systems using Formal Methods, *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(1), 563-567 (2018)
- Arrais, A., M. L. Valera, G. Putnik, R. Ribeiro, J. Machado y L. Ferreira, Collaborative framework for virtual organisation synthesis based on a dynamic multi-criteria decision model, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 31(9), 857-868 (2018)
- Bohorquez, L., Diseño de un modelo conceptual de Auto-Organización para el logro de Actuaciones Conjuntas en las Organizaciones Empresariales, *Revista arbitrada del centro de investigación y estudios gerenciales A.C.*, 5(1), 319-340 (2014)
- Briones, G., *Epistemología de las ciencias sociales*; Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, ICFES, ARFO Editores e Impresores Ltda, Bogotá, Colombia (1996)

- Cardoso, R., T. Krausburg, T. Baségio, D. Engelmann, J. Hubner y R. Bordini, SMART-JaCaMo: an organization-based team for the multi-agent programming contest, *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, 84(1-2), 75–93 (2018)
- Chamoso, P., J. De Paz, J. Bajo y G. Villarrubia, Agent-based tool to reduce the maintenance cost of energy distribution networks, *Knowledge and Information Systems*, 54(3), 659–675 (2018)
- Cobo, F. y J. Herve, La dualidad nexa - proceso de la cooperación empresarial, *Anuario jurídico y económico escurialense* 41, 407-434 (2008)
- Deshpande, A., R. Kumar, M. Radmanesh, N. Veerabhadrapa, M. Kumar y A. Minai, Self-Organized Circle Formation around an Unknown Target by a Multi-Robot Swarm using a Local Communication Strategy. 2018 Annual American Control Conference (ACC), 4409 – 4413, Milwaukee, USA, 27- 29 Julio (2018)
- Dundon, T. y A. Wilkinson, *Human Resource Management. A Critical Approach*, 1st Ed., Routledge, London, United Kingdom (2009)
- Farias, D. y A. Pérez, *Cooperación en Sistemas Multi-agente; un caso de estudio Robocup*, Pontificia Universidad Javeriana, Ingeniería de Sistemas, Bogotá D. C., Colombia (2002)
- Ferber, J., *Multi-agent systems: An introduction to distributed artificial intelligence by Jacques Ferber*; 1^a Ed., 528, Addison-Wesley Professional, París, Francia (1999)
- Ferber, J., O. Gutknecht y F. Michel, From Agents to Organizations: an Organizational View of Multi-Agent Systems. *Agent-Oriented Software Engineering IV. AOSE 2003. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 2935, Springer, Berlin, Heidelberg (2003)
- García, E., La cooperación empresarial: una revisión de la literatura, *Universidad de Oviedo, Información Comercial Española, ICE: Revista de economía*, 714, 87-98 (1995)
- González, A., F. De La Pietra, M. Mohamad, S. Omatu y J. Corchado, Multi-Agent Systems Applications in Energy Optimization Problems: A State-of-the-Art Review, *Energies*, 11(1928), 1-28 (2018)
- Gonzalez, E. J. Cruz, C. Bustacara y A. Pérez, MRCC: A Multi-Resolution Cooperative Control Agent Architecture, *IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology* (2007)
- Gonzalez, E. y A. Pérez, *Robótica cooperativa experiencias de sistemas multiagentes SMA*, Editorial Pontificia Universidad Javeriana, Universidad de los Andes, Colciencias, Maloka, Bogotá D.C., Colombia (2012)
- Hamani, N., J.P. Jamont, M. Occello, CH. Ben-Yelles, A. Lagreze y M. Koudil, A Multi-Cooperative-Based Approach to Manage Communication in Wireless Instrumentation Systems, *IEEE Systems Journal*, 12(3), 2174 – 2185 (2018)
- Hernandez S, R., C. Fernandez y P. Baptista, *Metodología de la investigación*; 4^a Ed., Mc Graw Hill, México. D.F., México (2014)
- Hoefer, M., D. Vaz y L. Wagner, Dynamics in matching and coalition formation games with structural constraints, *Artificial Intelligence*, 262, 222–247 (2018)
- Hurtado de Barrera, J., *Metodología de la investigación. Guía para la comprensión holística de la ciencia*, 4^a Ed., Ediciones Quiron Ciega-Sypal, Caracas, Venezuela (2010)
- Jimenez, P. y J. Sanchez, La cooperación empresarial como estrategia de crecimiento: Motivos de su formación, ventajas e inconvenientes, *Decisiones basadas en el conocimiento y en el papel social de la empresa: XX Congreso anual de AEDEM*, 2, 30 (2007)
- Kaur, H. y K. Singh, Dynamics of Artificial Agent Societies: A survey and an agent migration perspective, *Journal AI Communications*, 28(3), 511-537 (2015)
- Kemchi, S., A. Zitouni y M. Djoudi, AMACE: agent based multi criterions adaptation in cloud environment, *Human-centric Computing and Information Sciences*, 8(26) (2018)
- Lucas, I., M. Cotsaftis y C. Bertelle, Self-Organization, Resilience and Robustness of Complex Systems Through an Application to Financial Market from an Agent-Based Approach, *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 28(3), 1850044 – 16 (2018)
- Maes, P., *Modeling Adaptive Autonomous Agents*, *Artificial Life*, 1(1-2), 135-162 (1994)
- Marín, Ó. y J. Gómez, Sistema multi-agente para el monitoreo de tráfico LAC y recursos usados por los equipos, *Ventana Informática*, 24, 57-76 (2011)
- Martínez Bencardino, C., *Estadística y muestro*, 13^a Ed., Ecoe Ediciones, Bogotá D. C., Colombia (2012)
- Martínez Ruiz, H., *Metodología de la investigación. Con el enfoque en competencias*, 1^a Ed., Cengage Learning Editores, S.A. de C.V., México, D.F. México (2012)
- Mendez, C. E., *Metodología: Diseño y desarrollo del proceso de investigación*; 4^a Ed., Norma S.A., Bogotá D.C., Colombia (2005)
- Michalus, J. C. y G. Hernández, Análisis de una Red de Cooperación de PyMEs en Misiones, Argentina: Beneficios y Carencias para el Desarrollo Local Sostenible, *Visión de futuro*, 16(1) (2012)
- Michalus, J., I. Saenz, H. Gilberto y W. Sarache, Comprobación de la factibilidad de ejecución de un procedimiento organizativo mediante redes workflow; *Visión de Futuro*, 19(2), 106-121 (2015)

- Mínguez, R., Cooperación para la internacionalización como estrategia de expansión exterior de la PYME, *Estudios Gerenciales*, 30(132), 314–324 (2015)
- Missaoui, E., B. Mazigh, S. Bhiri y V. Hilaire, A Normative Model for Holonic Multi-agent Systems. 2017 International Conference on Tools with Artificial Intelligence, 1251-1258, Boston, MA, USA, 6-8 Noviembre (2017)
- Nodine, M. y D. Chandrasekara, Agent Communication Languages for Information-Centric Agent Communities, *Proceedings of the 32nd Annual Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Maui, HI, USA, 5-8 Enero (1999)
- Ojeda, J. y C. Purga, Vínculos de cooperación como fuente de información para la innovación, *Cuadernos de Administración*, 23(41), 61-79 (2010)
- Rodríguez, B., R. Vasquez e Y. Mejía, La estrategia de cooperación empresarial una alternativa para fortalecer la ventaja competitiva en la mypime, *Revista Global de Negocios*, 2(4), 91–104 (2014)
- Russell, S. y P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 3^a Ed., Pearson (2015)
- Sandrea, M., Cooperación empresarial y desarrollo endógeno del sector de manufacturas plásticas, Tesis de Titulación, Universidad Privada Rafael Beloso Chacín, Maracaibo, Venezuela (2013)
- Soon, G. K., C.K. On, P. Anthony y A.R. Hamdan, A review on agent communication language doi:10.1007/978-981-13-2622-6_47, *Computational Science and Technology - 5th ICCST 2018*, Published in (2019)
- Subagdja, B., A.H. Tan e Y. Kang, A coordination framework for multi-agent persuasion and adviser systems, *Expert Systems With Applications*, 116, 31–51 (2019)
- Tadiou, M., A. Shimazu y T. Nakajima, The State of the Art in Agent Communication Languages. *Knowledge and Information Systems*, 2, 259-284 (2000)
- Tamayo, M., *El proceso de la investigación científica*, 5^a Ed., Limusa S.A., México (2011)
- Vanhée, L., J. Ferber y F. Dignum, Agent-Based Evolving Societies, *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 229, 283-294 (2014)
- Vaniya, S., B. Lad y S. Bhavsar, A Survey on Agent Communication Languages. 2011 International Conference on Innovation, Management and Service, 237-242, Singapore, 14 (2011)
- Wooldridge, M., *An Introduction to MultiAgent Systems*; 2^a Ed., John Wiley and Sons Ltd, Chichester, United Kingdom (2011)
- Wooldridge, M., N. Jennings y K. David, *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, Springer US, 285-312 (2000)

