

COLEGIO MAYOR DE NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO



UNIVERSIDAD DEL ROSARIO

DAYANA OVALLE PINILLA

**ESTADO SITUACIONAL DE LOS MODELOS BASADOS EN AGENTES
Y SU IMPACTO EN LA INVESTIGACIÓN ORGANIZACIONAL**

TRABAJO DE GRADO

BOGOTÁ, COLOMBIA

2014

COLEGIO MAYOR DE NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO



UNIVERSIDAD DEL ROSARIO

DAYANA OVALLE PINILLA

**ESTADO SITUACIONAL DE LOS MODELOS BASADOS EN AGENTES
Y SU IMPACTO EN LA INVESTIGACIÓN ORGANIZACIONAL**

TRABAJO DE GRADO

TUTORES:

FRANCISCO FERNANDO ORTEGA

NELSON ALFONSO GÓMEZ

BOGOTÁ, COLOMBIA

2014

TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO	5
RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
1. INTRODUCCIÓN	9
1.1 Planteamiento del Problema	10
1.2 Objetivos	11
1.2.1 Objetivo General:.....	11
1.2.2 Objetivos Específicos:	11
2 MARCO TEÓRICO	12
2.1 Aspectos históricos.....	12
2.2 Agentes	15
2.3 Definición de Modelo.....	17
2.4 Definición de Simulación.....	18
2.5 Modelación basada en agentes	18
2.6 Concepto de Estado Situacional.....	19
2.7 El MSBA en el contexto de las organizaciones	21
2.7.1 Importancia de MSBA dentro de las organizaciones	21
2.7.2 Aplicaciones de MSBA	22
2.7.3 Tablas de clasificación artículos MSBA.....	24
3 CONCLUSIONES	47
4 RECOMENDACIONES	48
5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

TABLAS ESPECIALES

FIGURAS

Figura N° 1: Línea de tiempo Simulación.....	13
Figura N° 2: Características de los Agentes.....	17

TABLAS

Tabla N°1: Técnicas de Simulación.....	14
Tabla N° 2: Aplicaciones MSBA.....	21
Tabla N°3: Clasificación artículos MSBA.....	25

GLOSARIO

- **Agentes:** Los agentes son considerados como una colección de entidades autónomas, capaces de evaluar individualmente su situación y tomar decisiones en base de un conjunto de reglas (Bonabeau , 2002). Un agente tiene sus propios atributos, normas de comportamiento, memoria y capacidad para tomar decisiones. Cada uno es capaz de evaluar individualmente su situación y tomar decisiones sobre la base de un conjunto de reglas. Las habilidades sociales le permiten a un agente interactuar y negociar con otro tipo de agentes con el fin de lograr su tarea, así mismo la capacidad reactiva del agente le ayuda a percibir y responder a un entorno cambiante en el momento oportuno.
- **Agent-Opt:** Es una herramienta de simulación que representa modelos de optimización aplicados a la programación en la logística de distribución por parte de los proveedores, en el que se elige el modelo más eficiente y se aplica para cada caso.
- **Cadena de Suministro:** Son todas las actividades que al interior de una organización pretenden cumplir con la solicitud del cliente. Reúne aspectos como materias primas, proveedores, transportistas, almacenistas, vendedores entre otros aspectos que involucran la logística del bien o servicio,, donde el objetivo principal es que funcione de la mejor forma posible.
- **Estado Situacional:** El Estado Situacional, es una de las primeras etapas que debe desarrollarse dentro de una investigación, puesto que su elaboración, que consiste en “ir tras las huellas” del tema que se pretende investigar, enfatizando en la clasificación de la literatura existente, desarrollando una perspectiva del área y evaluando las principales tendencias. (González, 2008).
- **Microfinanzas:** Es la provisión de servicios financieros a clientes en condición de pobreza, con el objetivo de crear o expandir un pequeño negocio auto sostenible.

- **Modelo:** Un modelo es una representación simplificada de la realidad. Así, un modelo representa de manera simplificada los diferentes componentes y procesos que forman parte del sistema en estudio. El proceso de construcción de un modelo contribuye a identificar, seleccionar y ordenar la información disponible en relación al funcionamiento del sistema de estudio. El modelo resultado del proceso de modelación y la simulación constituye una herramienta útil para comprender el funcionamiento de un sistema y evaluar la respuesta del mismo a cambios en diferentes componentes internos o externos del sistema. (Cardoso, Bert, & Podestá, Modelos Basados en Agentes (MBA): Definición, Alcances y Limitaciones, 2011)
- **Modelación basada en agentes:** La modelación basada en agentes es una técnica de modelación que complementa los métodos analíticos tradicionales. En los modelos basados en agentes (MBA), cada agente evalúa su situación y toma decisiones sobre la base de un conjunto de reglas de decisión. (Bonabeau, Agent-Based Modeling: Methods and Techniques for Simulating Human Systems, 2002)
 Los MBA ofrecen una herramienta para desarrollar modelos computacionales de como los agentes actúan e interactúan entre sí y con el ambiente que los rodea para describir patrones de comportamiento y organización emergentes de un sistema.
- **Reingeniería de negocios:** Es una herramienta metodológica en el análisis del negocios, que busca reconstruir o rediseñar la forma en que operan los procesos dentro del negocio, con el fin de actualizarse y ajustarlo a las necesidades actuales.
- **Simulación:** La simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias -dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos - para el funcionamiento del sistema la simulación es una técnica muy poderosa y ampliamente usada en las ciencias para analizar y estudiar sistemas complejos. (Gilbert, Simulación para las ciencias sociales, 2006).

RESUMEN

En un mundo hiperconectado, dinámico y cargado de incertidumbre como el actual, los métodos y modelos analíticos convencionales están mostrando sus limitaciones. Las organizaciones requieren, por tanto, herramientas útiles que empleen tecnología de información y modelos de simulación computacional como mecanismos para la toma de decisiones y la resolución de problemas. Una de las más recientes, potentes y prometedoras es el modelamiento y la simulación basados en agentes (MSBA). Muchas organizaciones, incluidas empresas consultoras, emplean esta técnica para comprender fenómenos, hacer evaluación de estrategias y resolver problemas de diversa índole. Pese a ello, no existe (hasta donde conocemos) un estado situacional acerca del MSBA y su aplicación a la investigación organizacional. Cabe anotar, además, que por su novedad no es un tema suficientemente difundido y trabajado en Latinoamérica. En consecuencia, este proyecto pretende elaborar un estado situacional sobre el MSBA y su impacto sobre la investigación organizacional.

Palabras Clave: Agentes, Simulación, Modelamiento y simulación basado en agentes, estrategia, cadena de suministro, estado situacional, multiagente, organizaciones, dirección, logística, reingeniería de negocios.

ABSTRACT

In a hyper-connected, dynamic and full of uncertainty as the current world, conventional analytical methods and models are showing their limitations. Thereby organizations require useful tools that use information technology and computer simulation modeling as mechanisms to make decisions and solve problems. One of the most recently, powerful and promising is the Agent-Based Modeling and Simulation (ABMS). Many organizations, including consulting firms, employ this technique in order to understand phenomena, making evaluation of strategies and solve problems of diverse kinds. In spite of that, it does not exist (as far as known) a situational state about ABMS and its application to organizational research. It should be noted moreover that its novelty theme, that is not a sufficiently widespread and worked in Latin America. Therefore this project pretends to elaborate a situational state about the ABMS and its impact over organizational research.

Keywords: Agents, Simulation, Agent-Based Modeling and Simulation, strategy, supply chain, situational state, multi-agent, organizations, management, logistics, business process reengineering.

1. INTRODUCCIÓN

La modelación y la simulación, son herramientas de aprendizaje que hacen posible que los participantes puedan aprender sobre factores y situaciones específicas al ámbito organizacional, empleando acciones cotidianas como la comunicación, argumentos, negociaciones, competencia, toma de decisiones, y demás elementos que afectan el entorno de las organizaciones, poniendo a prueba las ideas de los agentes de manera creativa sin exponerse a los riesgos propios de una situación real.

Los modelos basados en agentes representan una promesa de nueva herramienta de estudio donde se pretende entender los fenómenos sociales a partir de su “construcción paso a paso”, es decir, construyendo sociedades artificiales desde sus agentes hasta sus interacciones. La fortaleza de esta herramienta radica en su enfoque diferente respecto de la práctica tradicional de las ciencias sociales donde se analizan variables estáticas que se asumen constantes y está fija la relación entre los agentes de una sociedad y el medio ambiente. Al utilizar modelos computacionales dinámicos se puede asumir y estudiar las interacciones cambiantes y adaptables entre los agentes del sistema, y entre estos y el medio ambiente. Es decir, que es posible simular la dinámica cambiante de las interacciones entre agentes sociales de acuerdo a ciertas reglas que pueden ser complicadas y cambiantes con el tiempo. (Corona Fernández & Cortés del Moral, 2012)

Se propone un estado situacional sobre MSBA síntesis de una amplia búsqueda bibliográfica como mecanismo para comprender fenómenos, hacer evaluación de estrategias y resolver problemas de diversa índole al interior de las organizaciones, en pro de anticiparse a eventos futuros y hacer frente a una asertiva resolución de problemas.

1.1 Planteamiento del Problema

El mundo globalizado y dinámico de hoy obliga a las organizaciones estar a la vanguardia e implementar modelos que les permita prever y comprender el entorno en el que se encuentran, como mecanismo de diagnóstico, gestión y prevención ante los ritmos de cambio vertiginosos de la actualidad (Casas Pérez, 2006).

Diferentes técnicas y modelos de simulación se han desarrollado para enfrentar la incertidumbre presente en los sistemas sociales y organizacionales. Una de las más notorias y recientes es el modelamiento y la simulación basados en agentes, cuya relevancia en la investigación socio-organizacional ha sido suficientemente justificada (Edmonds & Meyer, 2013). En los estudios sociales, por ejemplo, esta técnica permite explicar la emergencia de estructuras sociales a partir de acciones individuales (García & Valdecasas Medina, 2011). En el plano organizacional, de otro lado, el MSBA puede emplearse para entender el funcionamiento y la dinámica de los mercados actuales, evaluar estrategias en ambientes simulados, y prever fenómenos que puedan suceder en el futuro.

A pesar de la relevancia del tema, no existe a la fecha (hasta donde conocemos) un estado situacional que introduzca esta técnica de simulación en el ámbito organizacional, así como sus posibilidades (ventajas y desventajas) y sus potenciales áreas de aplicación. Adicionalmente, por ser un campo de trabajo reciente, es muy poco, por no decir inexistente, su apropiación en el nivel organizacional en Colombia. Es así como este trabajo de grado busca elaborar un estado situacional que introduzca el modelamiento y la simulación basados en agentes, al mismo tiempo que determinar el impacto y las posibilidades que tiene esta técnica en la investigación organizacional.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General:

Desarrollar un estado situacional sobre modelamiento y simulación basados en agentes (MSBA) y su impacto en la investigación organizacional.

1.2.2 Objetivos Específicos:

- Seleccionar la literatura relevante (libros y artículos indexados) sobre MSBA.
- Identificar y describir los conceptos, modelos y tendencias centrales de MSBA.
- Comparar conceptos, modelos y tendencias principales en MSBA, de acuerdo con las posturas de diversos autores.
- Determinar los aspectos metodológicos del MSBA significativos para la investigación organizacional.
- Analizar críticamente el uso del MSBA en la investigación organizacional frente a otras técnicas convencionales.

2 MARCO TEÓRICO

En la teoría organizacional se considera que la única relación significativa entre las organizaciones es de competencia. Esta es una creencia ampliamente aceptada por las circunstancias en las que se genera la interacción: recursos limitados, necesidad de maximizar la utilidad, etc. Sin embargo, al reanalizar la teoría clásica con herramientas teórico-metodológicas provenientes de otras ciencias, como la biología o las ciencias de la complejidad, surgen cuestionamientos importantes a esta creencia. (Etkin, 2003)

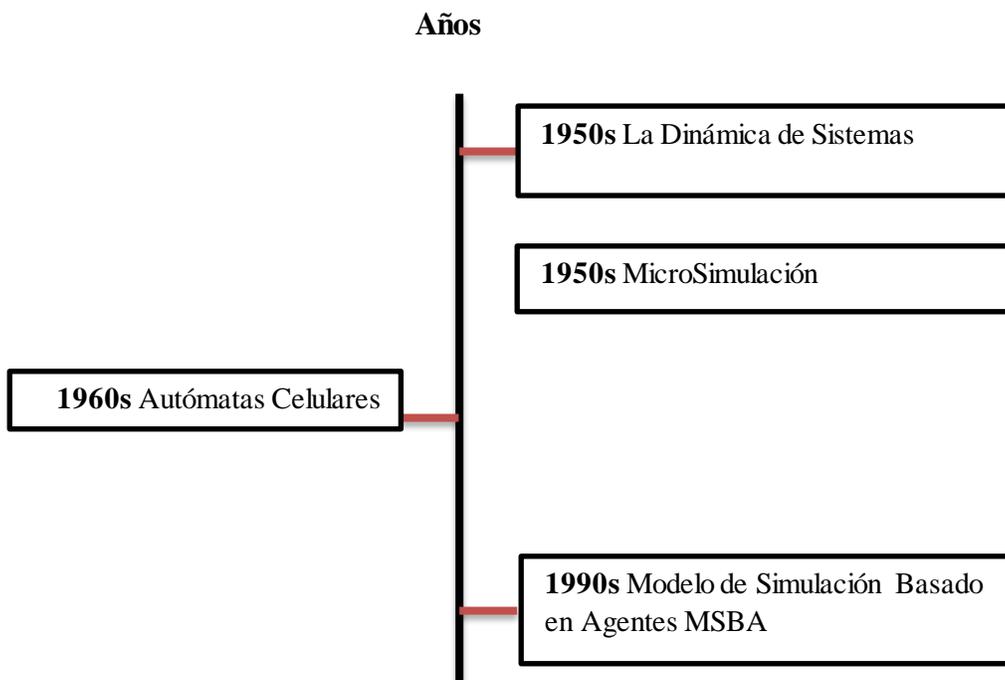
El comportamiento de una empresa dentro del entorno socioeconómico, en principio, parece no ser diferente del comportamiento de un organismo dentro de su hábitat. Las dinámicas propiciadas por factores como la depredación o el clima, entre otros, generan una presión sobre la supervivencia que es, en varios sentidos, equivalente a las presiones que sufre una empresa para asegurar su perdurabilidad en el entorno económico. Sin embargo, la construcción y evolución de nichos en un hábitat específico, esto es, las condiciones y mecanismos por los que, a través de la manipulación de elementos bióticos y abióticos, las especies en los diferentes niveles de un ecosistema aseguran su supervivencia, incluye un repertorio complejo de comportamientos, que, cuando se limitan propiamente a la relación con otras especies, se denominan relaciones inter específicas. Dentro de este conjunto de relaciones que se contemplan en ecología, la competencia no es la regla, sino solamente una posibilidad. (Godin, 2003)

2.1 Aspectos históricos

En los inicios de la simulación por computador, los primeros problemas abordados pretendían lograr predicciones acerca del futuro de las empresas, ciudades y el mundo en su conjunto. Uno de los pioneros en la formalización de las ciencias sociales fue Herbert A. Simon, quién implementó diferentes métodos de simulación por computador para predecir el comportamiento humano en la construcción de teorías sociales. Estos modelos de simulación, se limitaban al modelamiento matemático para predecir el resultado de los procesos sociales a través del comportamiento del sistema.

Con el pasar de los años la inteligencia artificial continuo tomando fuerza y para mediados de la década de los años 50's, Jay W. Forrester desarrolló la Dinámica de Sistemas como una herramienta que proponía la formulación de modelos informáticos para lograr predecir el comportamiento de sistemas complejos. La idea general de este modelo establecía que sólo un objeto “el sistema”, sin tener en cuenta sus componentes individuales se podía describir en base a un gran número de atributos que incluía variables agregadas y sus cambios a lo largo del tiempo (Edmonds & Meyer, 2013).

Figura N° 1: Línea de tiempo Simulación



Fuente: Elaboración propia

Para finales de los años 50's, otro de los modelo desarrollado fue la MicroSimulación, utilizado principalmente para la predicción de los cambios demográficos, transacciones financieras y actividades generales que involucraban a una muestra de la población. Este modelo establece la presencia de unidades individuales denominadas “agentes”, caracterizadas por ser entidades

autónomas a las que se les asignan características y parámetros propios que reflejan preferencias y tendencias individuales. Pero este modelo se queda corto, al no tener en cuenta que los cambios globales de las variables agregadas de la población pueden afectar el comportamiento individual.

Posteriormente, a mediados de los años 60's aparecen las primeras aplicaciones de los Automatas Celulares a los problemas de las ciencias sociales. Esta herramienta es capaz de modelizar patrones de comportamiento tan complejos como los sistemas dinámicos.

Los Automatas celulares son una composición de autómatas finitos con un mismo conjunto de reglas, conectados entre sí con los demás autómatas. El comportamiento de las células individuales suele ser bastante simple, sólo tienen un pequeño número de estados entre los que cambian de acuerdo a una regla llamada de transición. El cambio se produce en paralelo, esto quiere decir que todos los autómatas se actualizan a la vez de forma sincronizada. A partir de una cierta configuración inicial, el sistema evoluciona de forma completamente determinista en el tiempo obteniéndose una secuencia de estados (evolución espacio-temporal) (Farmer, Toffoli, & Wolfram, 1984).

Finalmente, para la década de los 90's, el Modelo de Simulación Basado en agentes, surge como una integración de elementos precedidos en los modelos anteriores, pero con una visión más amplia frente al comportamiento del sistema, al que le incorpora nuevos atributos para la simulación.

Contraste de las diferentes técnicas de Simulación:

Tabla 2: Técnicas de Simulación

Técnica de Simulación	Características
Dinámica de Sistemas	Solo un objeto "el sistema" con un gran número de atributos, que no tiene en cuenta a los agentes individuales.
MicroSimulación	Considera que los agentes dentro del sistema, son entidades, con características

	y parámetros propios, que no interactúan entre sí.
Autómatas Celulares	Los agentes que se encuentran dentro del sistema tienen la capacidad de interactuar con sus vecinos, pero cuentan con una regla de comportamiento muy restringida que no permite modificaciones ante fenómenos emergentes.
Modelo de Simulación Basado en Agentes	Los agentes dentro del sistema interactúan entre sí, con un amplio conjunto de reglas de comportamiento que les dan la posibilidad de aprender de la experiencia y modificar sus reglas si es necesario, para reaccionar de forma diferente ante los mismos estímulos.

Fuente: Elaboración propia

2.2 Agentes

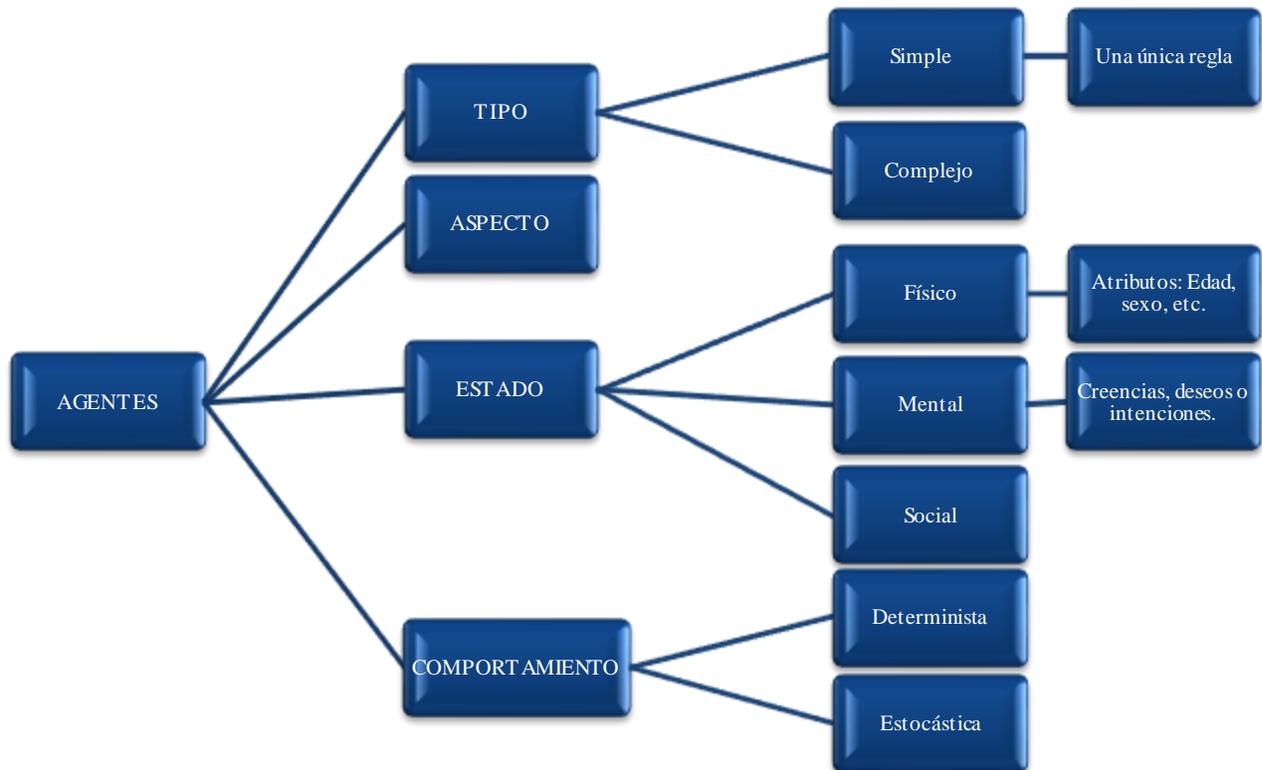
Los agentes son considerados como una colección de entidades autónomas, capaces de evaluar individualmente su situación y tomar decisiones en base de un conjunto de reglas (Bonabeau , 2002) .

En un MSBA los componentes básicos del sistema están explícita e individualmente representados en el modelo, estos agentes pueden ser átomos, células, animales, gente u organizaciones dependiendo de su aplicación. Los agentes tienen recursos propios como tierra o capital, también objetivos como maximizar su renta, o disminuir riesgo y capacidades sensoriales, es decir, tienen información sobre atributos y estado de otros agentes y del ambiente (Cardoso, Bert, & Podestá, 2011).

Los agentes presentan varias características propias dentro del sistema, entre las que destacan las siguientes:

- Un agente se caracteriza por ser autónomo, por su capacidad social, con un comportamiento reactivo y de protección. Al ser un agente autónomo puede llevar a cabo de forma independiente cualquier tarea compleja (Sharma, Trivedi, & Srinivasan, 2013).
- Un agente tiene sus propios atributos, normas de comportamiento, memoria y capacidad para tomar decisiones. Cada uno es capaz de evaluar individualmente su situación y tomar decisiones sobre la base de un conjunto de reglas.
- Los agentes pueden ser capaces de evolucionar, lo que permite que puedan emerger comportamientos imprevistos, adaptando su comportamiento a las circunstancias y basándose en su experiencia.
- Tienen una serie de rasgos que les sirven para reconocer y distinguir a otros agentes. Las habilidades sociales le permiten a un agente interactuar y negociar con otro tipo de agentes con el fin de lograr su tarea. La característica reactiva del agente le ayuda a percibir y responder a un entorno cambiante en el momento oportuno.
- Están situados en un entorno, que pueden sentir y sobre el que pueden actuar, y en el que pueden moverse e interactuar con otros agentes

Figura N° 2: Características de los Agentes



Fuente: Elaboración propia

2.3 Definición de Modelo

Un modelo es una representación simplificada de la realidad. Así, un modelo representa de manera simplificada los diferentes componentes y procesos que forman parte del sistema en estudio. El proceso de construcción de un modelo contribuye a identificar, seleccionar y ordenar la información disponible en relación al funcionamiento del sistema de estudio. El modelo resultado del proceso de modelación y la simulación constituye una herramienta útil para comprender el funcionamiento de un sistema y evaluar la respuesta del mismo a cambios en diferentes componentes internos o externos del sistema. (Cardoso, Bert, & Podestá, 2011)

2.4 Definición de Simulación

La simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias -dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos - para el funcionamiento del sistema la simulación es una técnica muy poderosa y ampliamente usada en las ciencias para analizar y estudiar sistemas complejos. (Gilbert, 2006). La simulación funciona como la técnica que imita el funcionamiento de un sistema del mundo real cuando evoluciona en el tiempo. Esto se hace por lo general al crear un modelo de simulación. En síntesis, cada modelo o representación de una cosa es una forma de simulación. (Law & Kelton, 1991)

De igual forma, cabe mencionar la creciente importancia de la Simulación en la Investigación de operaciones y en sus aplicaciones industriales. En los países altamente desarrollados la simulación es una herramienta principal de en los procesos de toma de decisiones, en el manejo de empresas y la planeación de la producción.

Los modelo a simular se convierten en la plataforma mínima a desarrollar sustentablemente, al disminuir el riesgo, adelantarse a la competencia, pero sobre todo se justifica al maximizar los recursos con un cliente satisfecho en los niveles de calidad y servicio. Un Modelo puede simular el comportamiento financiero, mide el impacto de las decisiones operativas que se reflejan en la tasa de retorno de la inversión, Predice el efecto de una decisión en el largo plazo, el azar tiene cabida en función de efectos externos de un evento fuera de control de la empresa. La Simulación hoy en día es cada vez más amigable para el usuario, que no tiene que ser un especialista en computación para poder hacer uso de ella y poder tener un pronóstico sobre un tema determinado. (Olivas Tercero)

2.5 Modelación basada en agentes

La modelación basada en agentes es una técnica de modelación que complementa los métodos analíticos tradicionales. En los modelos basados en agentes (MBA), cada agente evalúa su situación y toma decisiones sobre la base de un conjunto de reglas de decisión. (Bonabeau, 2002)

Los MBA ofrecen una herramienta para desarrollar modelos computacionales de como los agentes actúan e interactúan entre sí y con el ambiente que los rodea para describir patrones de comportamiento y organización emergentes de un sistema. A su vez, los MBA representan las retroalimentaciones que ocurren dentro del sistema y permiten evaluar como el comportamiento individual de los agentes es influenciado y se adapta por el funcionamiento del sistema. (Cardoso, Bert, & Podestá)

Un MBA está compuesto de una colección de agentes, un ambiente a través del cual los agentes interactúan y reglas que definen las relaciones entre agentes y su ambiente y que determinan la secuencia de acciones en el modelo. Los agentes son entidades físicas o virtuales que toman decisiones de manera autónoma. Pueden representar átomos, células, animales, gente u organizaciones dependiendo de su aplicación. Los agentes tienen recursos propios como tierra o capital, también objetivos como maximizar su renta, o disminuir riesgo y capacidades sensoriales, es decir, tienen información sobre atributos y estado de otros agentes y del ambiente. Los agentes toman decisiones en base a las reglas y funciones analíticas prescriptas por el modelador; las decisiones se basan en la información que el agente tiene disponible (información propia, sobre otros agentes y sobre el ambiente). A través sus decisiones los agentes reaccionan y se adaptan a situaciones o condiciones del ambiente.

Así mismo, un modelo basado en agentes, observa las consecuencias globales de la simulación de las decisiones, percepciones y acciones de individuos interactuando en un espacio dado; se trata de simular numerosos agentes heterogéneos, obteniendo como resultado las interacciones entre ellos.

2.6 Concepto de Estado Situacional

El Estado Situacional, es una de las primeras etapas que debe desarrollarse dentro de una investigación, puesto que su elaboración, que consiste en “ir tras las huellas” del tema que se pretende investigar, enfatizando en la clasificación de la literatura existente, desarrollando una perspectiva del área y evaluando las principales tendencias. (González, 2008).

Para su elaboración, es recomendable establecer un período de tiempo, de acuerdo con los objetivos de la investigación. Dentro de un artículo del estado del Estado Situacional, se resume

y se organizan los resultados de investigación reciente en una forma novedosa que integra y agrega claridad al trabajo en un campo específico. (Molina Montoya, 2005)

Existen diferentes metodologías aplicables a la realización del estado del arte, sin embargo, después del análisis y estudio de diferentes estados del arte se ha identificado una metodología común a todos que puede resumirse en los siguientes pasos. (Vélez & Calvo, 1992)

- Contextualización: dentro de esta metodología, se tienen en cuenta aspectos como el planteamiento del problema de estudio, los límites del mismo, el material documental que se utilizará en la investigación y algunos criterios para la contextualización.
- Clasificación: en esta fase se deben determinar los parámetros a tener en cuenta para la sistematización de la información, la clase de documentos a estudiar, así como aspectos cronológicos, objetivos de los estudios, disciplinas que enmarcan los trabajos, líneas de investigación, el nivel conclusivo y el alcance de los mismos. La información puede clasificarse de diferentes maneras de acuerdo con el tipo de información a analizar.
- Categorización: para esta fase se tiene en cuenta la jerarquización y generación de clases para el tratamiento de la información, paso que implica una recopilación importante de la información y facilita el estudio esencial del fenómeno a investigar, en tanto que permite el desarrollo de la práctica hermenéutica respecto a las prácticas investigativas en un área específica. La categorización puede hacerse dentro de dos categorías: internas y externas.

Las primeras se derivan directamente del estudio de la documentación bajo el enfoque de las temáticas, metodologías, hallazgos, teorías, estudios prospectivos o retrospectivos. Las segundas que a través de la conexión entre temáticas investigativas permiten determinar el tipo de contribución socio-cultural que ofrece el estado del arte al área de la investigación en la que se desarrolla. (Florez Talavera, 2011)

2.7 El MSBA en el contexto de las organizaciones

2.7.1 Importancia de MSBA dentro de las organizaciones

“El alto nivel de competencia introducido en los mercados alrededor del mundo, a raíz de la globalización ha obligado a las diversas empresas que hacen parte estos mercados, y en particular a aquellas que se dedican al negocio de la comercialización, a desarrollar estrategias inteligentes que les permitan posicionarse de manera eficiente y perdurable” (Moreno Cadavid, Ovalle , & Velásquez, 2007)

Para lograr este objetivo se propone emplear la simulación basada en sistemas multi-agentes (Moreno Cadavid, Ovalle , & Velásquez, Modelo de Simulación basado en Agentes de Software inteligentes, 2007), con el propósito de describir, explicar y/o predecir alguna parte concreta de la realidad. Los modelos son representaciones simplificadas de los objetos específicos de estudio, y aunque la realidad obviamente no se puede reducir a ningún modelo, sin modelos no podríamos entender la realidad. (García & Valdecasas Medina, 2011).

Así mismo, hay dos razones por las cuales utilizar un modelo computacional basado en agentes puede ser útil y apropiado. La primera es que un modelo computacional funciona como un experimento virtual que podría arrojar consecuencias significativas sobre un problema que por cuestiones técnicas, morales y/o de costos no puede ser investigado de manera directa. Los modelos basados en agentes trabajan desde una perspectiva abajo-arriba, centrándose en los agentes como unidad de análisis. Se diferencian, sin embargo, de otras formas de simulación conocidas, como aquellas basadas en el uso de ecuaciones diferenciales, en la medida en que son modelos en que los agentes tienen la posibilidad de interactuar (Macy, 2004). Los MBAs, al enfocarse en la interacción individual, permiten explorar los mecanismos o relaciones que subyacen bajo las propiedades emergentes del sistema, esto es, patrones de comportamiento global que no pueden ser reducidos a la acción individual (Goldstein, 1999). La posibilidad de manipular en múltiples formas las diferentes variables que pueden llegar a determinar estas propiedades es lo que hace que esta forma de simulación sea perfecta para evaluar diferentes hipótesis y preguntas de investigación. (Sawyer, 2004)

La segunda razón por la que se decidió emplear un MBA es que, por ser un tema relativamente novedoso, no hay un desarrollo teórico robusto sobre esta problemática, por lo que el modelo podría servir precisamente para este fin. En la investigación científica normalmente se considera que las teorías suministran una explicación y una comprensión más profunda de los fenómenos en los que se ha logrado identificar enunciados de regularidad en forma de generalizaciones empíricas o leyes.

La simulación puede ser útil para la construcción teórica porque funciona como cierto tipo de teorías caracterizadas por el rigor lógico y terminológico. Las proposiciones básicas están formuladas explícitamente en forma de código de programación y los enunciados básicos pueden obtenerse sistemáticamente al correr la simulación. De nuevo, la posibilidad de manipular los parámetros de la simulación permite que los modelos puedan ser empleados para centrarse más en la explicación y el desarrollo teórico, aunque obliga a sacrificar, en primera instancia, el aspecto predictivo) (Gilbert, 2006)

2.7.2 Aplicaciones de MSBA

Comprender y asimilar los cambios permanentes en el entorno empresarial, implica la utilización de modelación y simulación para la toma de decisiones al interior de la organización. Un modelo de simulación analiza el comportamiento de las variables que actúan dentro del sistema para lograr predecir diferentes tendencias y escenarios posibles de uno o varios sucesos, lograr la resolución de problemas de negocios, reducción de la incertidumbre e identificación de áreas prometedoras para un futuro. (North & Macal, 2007). Al interior de las organizaciones, la simulación se aplica en diferentes áreas para lograr una toma de decisiones más asertiva.

Tabla N° 2: Aplicaciones MSBA

Dirección	
Comportamiento Financiero	Medir el impacto de las decisiones operativas, calcular presupuestos, analizar alternativas de inversión, flujo de efectivo, entre otras se ve reflejado en la tasa de retorno de inversión ROI.
Control de inventarios	Permite mejorar la liquidez de la organización, reducir los costos de operación, mejorar los tiempos de respuesta a los clientes.
Planeación y control	La alta dirección necesita un proceso de planeación y control que sea seguro y prevea los posibles cambios en el entorno organizacional. Con la implementación de un modelo de simulación, se logra una reducción de la incertidumbre y por tanto la toma de decisiones ofrece mayor confiabilidad.
Gerencia	
Recursos Humanos	La simulación es efectiva para identificar el tipo de personas que se necesitan en un determinado empleo, lograr una adecuada capacitación al personal, movilidad en el trabajo y relación dentro de la organización.
Mercadotecnia	Establecer la publicidad y promoción de un determinado producto, implica tomar decisiones respecto a los diferentes medios de comunicación que se pretenden utilizar, las estrategias y la forma en cómo se va a realizar.

Fuente: Elaboración propia

El desarrollo de los Modelos de Simulación basados en Agentes, están siendo activamente implementados por empresas y entes gubernamentales para cubrir una serie de aplicaciones en diferentes áreas incluyendo (North & Macal, 2007):

- Diseño de sistemas óptimos para las empresas y organizaciones.
- Mejora en la cadena de producción y operaciones.
- Gestión de las cadenas redes de suministro.
- Predicción de la respuesta del consumidor a los programas de marketing y otras actividades en los mercados de consumo.
- Desarrollar conocimientos sobre las tendencias del mercado y el diseño de mercados eficientes.
- Comprender el tráfico peatonal y vehicular, patrones y crecimiento.
- El diseño de edificios para la accesibilidad y evacuaciones.

Los estudios de la gestión de la cadena de suministro, son un claro ejemplo de un sistema representado en un MSBA, Muchos de los agentes que participan en una cadena de suministro, son componentes del sistema que están interrelacionados, y lo que pasa en uno de ellos afectará a los otros y al modelo e general, de manera que el comportamiento emergente del sistema combinado es completamente desconocido a priori.

2.7.3 Tablas de clasificación artículos MSBA

Se realizó el análisis de 40 artículos tomados de revistas con publicaciones de contenido científico que aplican la herramienta MSBA a la organización, y se construyó una tabla para clasificar el artículo en cuatro aspectos.

- En la primera columna hace referencia a la bibliografía consultada.
- En la segunda columna se clasificó el artículo en el campo de la administración al que correspondió.
- En la tercera columna se seleccionó el tema en general que trata el artículo.
- En la cuarta columna se identificó el problema que busca solucionar la descripción y el estudio del respectivo artículo.

- Finalmente en la quinta columna se describe y se hace un breve resumen del artículo y la solución que se plantea para el problema establecido.

De esta forma se obtuvo como resultado las siguientes tablas que explican y describen en forma muy breve la bibliografía consultada y la aplicación de la modelación y simulación basada en agentes en la aplicación a las organizaciones.

Tabla N°2: Clasificación artículos MSBA

REFERENCIA	CAMPO EN LA ADMINISTRACIÓN	TEMA	PROBLEMA A RESOLVER	DESCRIPCIÓN Y RESULTADOS
(Yeung, 2012)	Estrategia	Diseño de estrategias	Optimizar el rendimiento en el sistema y agilizar el proceso de negociación.	Se implementó la herramienta de simulación multi-agente en un esquema de negociación denominado Contract Net Protocol (CPN), que funciona como un mecanismo para asignar ofertas de negociación a los individuos basado en un procedimiento de publicación y selección de mensajes, donde un agente notifica a los demás acerca de un evento específico y los agentes interesados envían las suscripciones vía online. Los agentes tienen la capacidad de ir dinámicamente en línea y fuera de línea en el mercado electrónico recibiendo mensajes únicamente de sus intereses actuales, lo que reduce potencialmente la congestión en la red de comunicación y negociación entre las partes.
(Pavón, Arroyo, Hassan, & Sansores,	Estrategia	Análisis del comportamiento de individuos y	Predecir eventos futuros en los que no se conocen datos puntuales	La simulación basada en agentes, permite obtener un panorama y una aproximación ante eventos o situaciones que podrían suceder en un futuro. Si bien la simulación no puede ofrecer con certeza lo que va a ocurrir, si se pueden

2008)		sus interacciones.	de los individuos y su entorno.	generar teorías o hipótesis más cercanas, dependiendo del comportamiento de los agentes estudiados.
(Raberto, Teglio, & Cincotti, 2012)	Macroeconomía	La deuda en los índices económicos	Incluir el endeudamiento y la carga de la deuda en los modelos económicos de las naciones.	Se llevaron a cabo experimentos computacionales realizados en el simulador basado en agentes EURACE donde se incluyeron los problemas de endeudamiento. Se obtuvo datos que relacionan la deuda y los principales indicadores económicos, concluyendo que el importe del crédito en la economía es una variable de gran importancia que puede afectar los resultados económicos de las naciones en dos formas diferentes, ya sea fomentando el crecimiento o contrariamente empujando la economía a una crisis o recesión. Así los resultados de los experimentos arrojaron un amplio panorama de las interacciones entre las variables reales y financieras en la economía, lo que representa a la simulación como una herramienta útil e innovadora para el estudio de la economía.
(Lee, Lau, Ho, & Ho, 2007)	Estrategia	Diseño de estrategias	Diseñar y desarrollar un sistema de contratación que permita mejorar	Se implementó la tecnología de simulación de agentes, para desarrollar un nuevo sistema cuyo objetivo era mejorar la práctica actual de evaluación de proveedores. Gracias a esta herramienta se recopilaban los datos y el perfil de los proveedores, se seleccionaban los más

			la inteligencia de negocios	adecuados a partir del análisis que se había hecho de calidad, eficiencia, competitividad, costos y finalmente se llevaba a cabo la negociación entre las partes.
(Kuo, 2003)	Logística	Comunicación intraorganizacional	Construir un sistema que permita mantener interconectadas todas las áreas de la organización y hacer accesibles los datos en cualquier momento y lugar.	<p>Con el fin de construir y organizar la gestión en el proceso administrativo en una compañía, se propuso un sistema de agentes móviles.</p> <p>En este sistema cada agente contiene un documento con características propias de la lógica del negocio, lo que permite obtener una comunicación más flexible y dinámica entre agentes.</p>
(Xue, Shen, Li, O'Brien, & Ren, 2009)	Estrategia	Diseño de estrategias	Mejorar la eficiencia de la negociación entre los agentes en las cadenas de suministro.	<p>Con la construcción del método REANE para mejorar la eficiencia en la negociación entre agentes, se proporciona un camino para ayudar a los negociadores a encontrar soluciones a sus propuestas en un tiempo razonable y con la mínima cantidad de recursos posible.</p> <p>De esta forma en el sistema se evalúan las preferencias de los negociadores y se lleva a cabo un proceso de negociación entre agentes que busque el cumplimiento del objetivo en común.</p>

(García-Magariño & Gutiérrez, 2013)	Recursos Humanos	Rendimiento laboral	Mejorar la gestión en situaciones de crisis.	Se desarrolló un sistema de simulación multiagente en el que los individuos siguen una secuencia de interacciones adoptando diferentes roles de acuerdo a las circunstancias con el objetivo de optimizar el uso de los recursos humanos y el rendimiento en sus puestos de trabajo.
(Moyaux, 2004)	Estrategia	Diseño de estrategias	Optimizar la gestión en la cadena de suministro	El diseño e implementación de la herramienta de simulación basada en agentes, se realizó asignando cada compañía participante en la cadena de suministro como un agente inteligente, con el objetivo de proponer dos mecanismos de coordinación descentralizados que permitieran mejorar la gestión de la cadena de suministro y estrechar la relación con los clientes finales. Finalmente se observó que la simulación de estos agentes mostraba la eficiencia de estas dos propuestas de mecanismos de coordinación como un método para optimizar la gestión en la cadena de suministro.
(Heyne & Mönch, 2011)	Estrategia	Diseño de estrategias	Planificar la administración de una empresa constituida jerárquicamente.	Se desarrolló un enfoque de planificación basado en un modelo de simulación en el marco de la gestión en una empresa distribuida jerárquicamente. Se implementaron algoritmos adecuados para el modelo, y posteriormente se identificaron los agentes necesarios para describir la arquitectura del sistema.

				El propósito de este modelo fue ofrecer una solución a los problemas de coordinación y planificación en la gestión empresarial.
(Chen, Jeng, Lee, & Chuang, 2008)	Dirección	Modelo de Negocio	Implementar un nuevo modelo de negocio de consumidor a empresa en el comercio electrónico.	<p>Se propuso un modelo para los compradores en el mercado electrónico dentro de un marco de simulación multiagente. Se parte de la inexistencia de un modelo de negocios C2B (de consumidor a empresa), donde se considera importante simular un modelo en el que un grupo de posibles compradores puedan sintetizar sus necesidades y preferencias, puedan llegar a un consenso de grupo y posteriormente negociar con un vendedor.</p> <p>Finalmente el objetivo con este modelo es mostrar la importancia de implementar un modelo de negocios C2B a través del comercio electrónico, siendo algo común en los negocios convencionales pero algo completamente nuevo en el comercio virtual.</p>
(Leombruni & Richiardi, 2005)	Finanzas	Economía	Comprender porque las simulaciones basadas en agentes aportan	<p>Mediante un modelo matemático se pretendió describir tanto los modelos analíticos tradicionales como los modelos basados en agentes para describir y pronosticar datos en una economía.</p> <p>Se analizaron los pros y los contras de cada uno, y llego a</p>

			beneficios a una economía.	la conclusión de que si bien los dos ofrecen ventajas y desventajas, los modelos basados en agentes representan una mayor especificación y caracterización de los agentes lo que genera mayor soporte y credibilidad al sistema.
(Odehnalová & Olsevicová, 2009)	Dirección	Empresa familiar	Identificar los pros y contras que se presentan en la dirección de una empresa familiar.	<p>Se realizó una simulación basada en agentes para entender las diferencias en el funcionamiento de una empresa familiar a una no familiar. Se incluyeron variables como la relación con empleados/clientes, tendencia de riesgo, inversiones, rentabilidad, inyección de capital, gestión profesional, planeación estratégica entre otras características.</p> <p>Se obtuvo como resultado que las empresas familiares en la primera fase de la simulación crecieron más en términos de los activos y las ventas, pero en la situación de liderazgo y manejo de crisis, los negocios no familiares estuvieron por delante de los familiares, es decir que lograron solventar de mejor forma situaciones de dificultad. Por tanto se concluyó que era mucho más beneficioso para las empresas poner al mando de la dirección y gerencia de la compañía a personas que no pertenezcan al núcleo familiar.</p>

(Rashid, Yoon, & Kashem, 2011)	Finanzas	Microfinanzas	Diagnosticar el impacto y la eficiencia de las microfinanzas en el nivel de provisión a personas en situación de pobreza.	Se desarrolló un modelo de simulación basado en agentes para medir los efectos de las microfinanzas como herramienta para reducir la pobreza. Para desarrollar el modelo se asignó un conjunto de comportamientos a los agentes individuales de la economía en diferentes escenarios. Como resultado se obtuvo un impacto positivo de las Microfinanzas en el nivel de riqueza de los pobres, se encontró que el aumento de los fondos disponibles de fácil acceso para los productores y las tasas de interés más bajas para los préstamos aumentan la eficacia de las microfinanzas.
(Albino, Carbonara, & Giannoccaro, 2006)	Estrategia	Diseño de estrategias	Optimizar los procesos de innovación de las firmas en los distritos industriales.	Se implementó la metodología de simulación basada en agentes para investigar cómo funciona y como se pueden modificar los procesos de innovación en los distritos industriales para asegurar la permanencia en un entorno altamente competitivo. Los resultados señalan que las firmas al interior de los distritos industriales deberían modificar sus comportamientos frente a la innovación con nuevos procesos de aprendizaje que provengan de fuentes de conocimiento externas y el reconocimiento de una firma líder con el fin de generar mayor competitividad en el

				entorno.
(Jang & Agha, 2006)	Estrategia	Comunicaciones dentro del sistema	Reducir la sobrecarga de comunicación en las simulaciones basadas en agentes.	<p>Se utilizó un marco de agentes con el objetivo de reducir la sobrecarga en las comunicaciones y mensajes entre agentes en las MSBA de gran escala. Debido a que los agentes de dichas simulaciones se comunican intensamente entre sí para llevar a cabo sus tareas compartidas, el rendimiento de la simulación está fuertemente relacionada con la cantidad de paso de mensajes entre nodos. El objetivo principal del modelo es disminuir la cantidad de mensajes entre nodos mediante el uso de la herramienta en el programa Java.</p> <p>Se realizaron simulaciones de hasta 10.000 agentes y se encontró que mediante la reasignación de agentes y la sincronización entre ellos se logra una reducción de hasta el 60% en la carga de mensajes, logrando un aumento en el rendimiento del sistema.</p>
(Tsou, 2012)	Estrategia	Diseño de estrategias	Establecer eficazmente la programación de un proyecto determinado.	<p>Se realizó un estudio donde se propone un método que incorpora la simulación basada en agentes y la técnica de la cadena crítica para resolver el problema de programación de proyectos.</p> <p>El enfoque utiliza procedimientos muy bien diseñados para asignar eficazmente los recursos del proyecto, y a través de</p>

				<p>varios casos estudiados se ha demostrado que los métodos propuestos no sólo pueden reducir la duración de los proyectos, sino también mejorar el desempeño del mismo en términos de rendimiento total y duración dentro del cronograma establecido.</p>
(Fang & Wong, 2012)	Estrategia	Procesos de negociación	Predecir y establecer soluciones basado en la experiencia ante problemas en los procesos de negociación.	<p>Se desarrolló un sistema de simulación multiagente para automatizar y ofrecer soluciones ante la presencia de problemas en las negociaciones entre compradores y vendedores. El objetivo de este proyecto es no centrarse únicamente en la etapa en que los agentes interactúan para intercambiar ofertas, sino enfocarse en las etapas de pre y post negociación para apoyar todo el ciclo de vida de la negociación.</p> <p>Se estudian diversos caso de negociaciones y se guarda la información en una base de datos de casos y cuando surge un problema en un caso nuevo se recurre a esta base de datos y los resultados se recomiendan para proponer los parámetros de la negociación. Cuando finaliza esta negociación, el resultado obtenido se analiza, se evalúa y se guarda en la base de datos nuevamente para aplicaciones futuras.</p>

(Chang & Lee, 2004)	Logística	Cadena de Suministro	Elegir el método de distribución más efectivo para cada caso en la cadena de suministro.	Se diseñó un plan de modificación a los tradicionales sistemas de simulación utilizados en la cadena de suministro para generar una formulación específica en la comunicación entre agentes. La nueva herramienta denominada Agent-Opt representa modelos de optimización aplicados a la programación en la logística de distribución por parte de los proveedores, en el que se elige el modelo más eficiente y se aplica para cada caso.
(Fioretti, 2012)	Estrategia	Diseño de estrategias	Identificar la importancia de la MSBA en las organizaciones.	Se realizó una investigación para demostrar importancia que tiene la simulación basada en agentes en el óptimo funcionamiento de las organizaciones. Se identifican los beneficios que esta herramienta proporciona para la solución de problemas complejos, el diseño de estrategias y toma de decisiones asertivas a partir de la interacción y el comportamiento entre agentes.
(Marik, Pechoucek, & Stepankova, 2002)	Dirección	Estructura de MSBA	Ofrecer un modelo estructural que sirva como base para la implementación	Se presenta un modelo de simulación basada en agentes denominado 3bA como una propuesta para representar el conocimiento obtenido por agentes individuales en una comunidad multiagente de diversa naturaleza. Se menciona la importancia y la aplicabilidad de esta tecnología para la implementación en diferentes áreas

			de la MSBA en diversos entornos.	como en la planificación de la producción, gestión de la cadena de suministro y sistemas de información. En el modelo se asignan características propias y comportamientos a los agentes en diferentes ejemplos de aplicación para obtener información útil a la hora de tomar decisiones y anticiparse a eventos futuros. Como resultado se ofrece una estructura que sugiere como se puede aplicar este modelo en la realidad.
(Shafiei, Thorkelsson, Ásgeirsson, Davidsdottir, Raberto, & Stefansson, 2012)	Ventas	Precio de vehículos electricos	Predecir el valor comercial óptimo que deberían tener los vehículos electricos en el mercado.	Se realizó un modelo de simulación basado en agentes para predecir la evolución en el valor comercial de los vehículos eléctricos. Se hizo un estudio de caso de Islandia por ser un país rico en recursos energéticos renovables, y se tuvo en cuenta el nivel de atracción a los consumidores entre los vehículos de combustión interna actuales o los vehículos eléctricos para el futuro. Como resultado se obtuvo el valor de mercado de las dos clases de vehículos durante el periodo 2012-2030 y las condiciones del entorno en las que se lograría una penetración exitosa en el mercado de vehículos.

(Eppstein, Grover, Marshall, & Rizzo, 2011)	Mercadeo	Ingreso de una nueva tecnología de vehículos al mercado.	Ofrecer una herramienta de promoción para la penetración en el mercado de vehículos híbridos eléctricos enchufables.	<p>Se presenta un modelo basado en agentes para estudiar la forma en que pueden entrar al mercado los nuevos vehículos híbridos eléctricos enchufables. El modelo tiene en cuenta los efectos sociales y espaciales y las influencias de los medios de comunicación. Así mismo se examina la sensibilidad del modelo ante variaciones en los precios de la gasolina, la disposición de los individuos para adoptar la nueva tecnología de vehículos y los precios indicados para atraer a posibles compradores.</p> <p>Los resultados de la simulación indican ventajas que se deben informar como las alzas y nuevos impuestos que va a sufrir en un futuro la gasolina para el uso de vehículos tradicionales a diferencia de la facilidad y durabilidad que tiene recargar la batería en el caso de los nuevos vehículos híbridos. Así mismo se mencionan otras ventajas que proveen información para elaborar políticas encaminadas a lograr una efectiva penetración en el mercado de la nueva tecnología.</p>
(Huang, Liang, Lai, & Lin, 2010)	Ventas	Procesos de negociación	Automatizar las negociaciones en un proceso de venta en el	El comercio electrónico B2C es cada día más utilizado por los consumidores para realizar compras vía online. Para hacer más eficiente el proceso de negociación entre compradores y vendedores, se propuso un modelo de

			mercado electrónico.	<p>simulación basado en agentes, donde los agentes preparan ofertas en representación de los vendedores y evalúan opciones que más se adecuen en cada proceso de negociación con el objetivo de obtener el máximo beneficio para los usuarios.</p> <p>De esta forma los agentes inteligentes facilitan la compra autónoma y automática en línea, respondiendo rápidamente a los consumidores y optimizando el proceso de negociación entre las partes.</p>
(Ruiz, Giret, Botti, & Feria, 2011)	Producción	Niveles de producción y control de depósito.	Diagnosticar los requerimientos necesarios en el área de producción de una compañía metal-mecánica, con el fin de optimizar el uso de recursos y almacenamiento.	<p>Se presenta una herramienta de simulación basado en agentes en una empresa de industria metal-mecánica para la validación de métodos y arquitecturas utilizadas en el área de producción y control de depósito. El objetivo principal es proporcionar una herramienta de simulación flexible que puede ser adaptada para resolver los nuevos requisitos de fabricación y optimizar la gestión de material e inventarios en los depósitos.</p> <p>Como resultado se logra optimizar el uso de los recursos, un control de inventarios y proveedores y contar con suficientes datos para tomar decisiones que influyen en el nivel de producción.</p>

(Hu, Almansoori, Kannan, Azarm, & Wang, 2012)	Logística	Logística en las refinerías de petróleo.	Predecir las rutas y escenarios de mayor rendimiento en las operaciones al interior de las refinerías de petróleo.	Debido a la dificultad que tienen las refinerías de petróleo para tomar decisiones integradas y multifuncionales en sus operaciones, se implementó un marco de simulación basado en agentes junto con el tradicional DSS (Decision Support System) para proporcionar un mecanismo de toma de decisiones en dos etapas. En la primera etapa se decide sobre los valores de un subconjunto de variables de decisión, estos valores se envían a través del tablero de instrumentos (interfaz entre hombre-máquina) para el DSS. En la segunda etapa se procesan las variables, se aplican en un modelo de negocio y se elige la decisión más acertada para cada caso.
(Bone & Dragicevic, 2010)	Estrategia	Diseño de estrategias	Predecir estrategias óptimas para el correcto aprovechamiento de zonas forestales.	Se implementó un modelo de simulación basado en agentes para lograr estrategias óptimas de aprovechamiento forestal. Se realizó un modelo de simulación para dos enfoques, en el que agentes de la compañía forestal siembran árboles con el fin de maximizar sus ganancias y otro enfoque en el que los conservacionistas basan sus objetivos en la protección del hábitat de las especies. El modelo aporta diferentes soluciones que se consideran óptimas dadas las limitaciones del sistema y proporciona

				salidas que representan beneficios en las zonas forestales.
(Lovric, Li, & Vervest, 2013)	Finanzas	Ingresos en las compañías de transporte público.	Optimizar las ganancias obtenidas por las compañías de transporte público.	<p>Se propone un modelo basado en agentes para mejorar los ingresos a las compañías de transporte público.</p> <p>Este modelo tiene la capacidad de capturar detalladamente los aspectos operativos y comerciales en las redes de transporte, así como las preferencias de los consumidores frente a los precios y calidad del servicio. El modelo se llevó a cabo utilizando tarjetas inteligentes que contienen datos de transacciones reales recopiladas de una importante empresa de tránsito público holandés. Los resultados sugieren que mediante la adopción de una visión centrada en el cliente y el uso de un sistema de apoyo a las decisiones a través del uso de tarjetas inteligentes, se pueden encontrar estrategias eficaces para mejorar la gestión en los ingresos al transporte público que pueden dar lugar a una situación sostenible.</p>
(Rodríguez, Julián, Bajo, Carrascosa, Botti, & Corchado,	Logística	Organización es virtuales	Mejorar la gestión en el funcionamiento de organizaciones virtuales.	Se implementó una herramienta de simulación basado en agentes, denominada THOMAS, para optimizar la gestión y el comportamiento de organizaciones virtuales. Thomas usa agentes con capacidad de razonamiento y planificación apropiados para el desarrollo de sistemas en entornos

2011)				altamente volátiles y ofrece propuestas para mejorar la eficiencia de las organizaciones.
(Matson, DeLoach, & Bhatnagar, 2009)	Estrategias	Diseño de estrategias	Determinar la mejor vía en una organización para cambiar y transformarse ante cambios en el entorno.	En el desarrollo de este estudio se considera la facultad que tienen las organizaciones a lo largo de vida útil para transformarse y cambiar con el fin de evolucionar o adoptarse a su entorno. Para lograr este fin se ha implementado un modelo basado en agentes que incluye no solo objetos estructurales propios de la organización sino también la capacidad para facilitar el cambio, permitiendo la evaluación de estímulos internos y externos para causar la transición a la organización. Estas transiciones se evalúan desde varias perspectivas para determinar su efectividad en la base del diseño y uso más apropiado.
(Gao & Hailu, 2013)	Estrategias	Diseño de estrategias	Establecer elementos que permitan un correcto funcionamiento de los ecosistemas de	Se implementó una herramienta de simulación basado en agentes para evaluar estrategias favorables en el ámbito biofísico y socioeconómico de la pesca recreativa. Se tomó el parque marino de Ningaloo para simular el comportamiento de la pesca deportiva y la dinámica que presentaban los ecosistemas de arrecifes, con el objetivo de evaluar y proponer estrategias que permitan el uso

			arrecifes.	correcto y responsable del ecosistema en base a los resultados arrojados por la simulación.
(Borrajó, Corchado, Corchado, Pellicer, & Bajo, 2010)	Dirección	Pequeñas y medianas empresas	Optimizar la forma de operación y funcionamiento de los negocios de pequeñas y medianas empresas.	Se implementó un sistema de control multiagente que funciona como un mecanismo de control en el modus operandi y cumplimiento de objetivos en los negocios de pequeñas y medianas empresas. Esta herramienta de simulación incorpora un sistema de razonamiento basado en casos y automatiza el proceso de control de los negocios, arrojando resultados muy satisfactorios que optimizaron la gestión en 22 pequeñas y medianas empresas del sector textil en España.
(Tont, 2012)	Estrategias	Reingeniería de negocios	Mostrar los efectos que tiene la reingeniería de negocios dentro de una organización.	Se desarrolló un marco de tecnología de sistemas multiagente aplicado a la reingeniería de negocios, con el objetivo de estructurar, coordinar y modelar aspectos que mejoren la eficiencia de la organización. El caso de estudio muestra los beneficios que surgen a partir de la reingeniería de negocios, incluyendo aspectos como cambios en la estructura organizacional, rendimientos y eficiencia en los procesos administrativos y mejoras en el área de tecnología y desarrollo.
(Li, Gong,	Logística	Logística en	Identificar los	Se implementó un sistema de simulación multiagente para

Wang, & Zhu, 2013)		gasoductos de áreas urbanas	efectos de la utilización de gasoductos en áreas urbanas.	<p>las políticas de utilización de gasoductos en áreas urbanas.</p> <p>El sistema comprende un agente del gobierno, un agente operador de gas y un agente de los usuarios industriales y comerciales.</p> <p>En el estudio se considera el caso de Zhengzhou, China, para simular el comportamiento de los usuarios en el tiempo de uso de gas y la política de precios aplicada. Los resultados indican que tanto el operador de gas como los usuarios pueden obtener beneficios ante cambios en consumo y precio de gas.</p>
(Barkman, 2009)	Logística	Cadena de suministro	Establecer los mecanismos y escenarios que mejoren la gestión en la cadena de suministro.	<p>Mediante la simulación basada en agentes se propone un modelo que funcione como herramienta para optimizar la gestión en la cadena de suministro. El modelo debe recopilar, integrar y analizar información propia de la entidad, centros de distribución, ubicación de los proveedores, formas de transportación, costos y demás elementos esenciales que permitan realizar una correcta simulación. Como resultado del modelo se arrojan posibles escenarios y respuestas ante la relación y el comportamiento de las variables para lograr elegir el procedimiento y la gestión necesaria para optimizar el funcionamiento de la cadena de suministro.</p>

(Zolfpour-Arokhlo, Selamat, & Mohd Hashim, 2013)	Logística	Plan de viaje	Diagnosticar cual es la mejor opción de ruta para realizar un plan de viaje.	Se realizó un modelo de planificación multiagente para coordinar y proveer información acerca de las condiciones del entorno en tiempo real de las carreteras, con el objetivo de elegir la mejor ruta posible en un plan de viaje. Se recopilan y se analizan datos acerca del tráfico en las rutas, las condiciones climáticas, infraestructura, seguridad vial y el tiempo de duración del viaje. Por último los resultados experimentales del modelo ofrecen una propuesta para el viaje que sea práctica y eficiente entre todas las opciones posibles.
(Chang & Harrington, 2000)	Dirección	Gerencia	Diagnosticar los efectos que tiene una administración centralizada para el rendimiento de un negocio.	Se construyó un modelo computacional multiagente de una cadena minorista de tiendas para optimizar y mejorar las prácticas en la gestión administrativa. El objetivo principal del modelo es determinar cómo la cantidad de libertad que tiene los gerentes para administrar la tienda, influye en el rendimiento y la velocidad de innovación al interior del negocio. Los resultados arrojan que con que una mayor descentralización mejora el rendimiento cuando las tiendas del mercado son lo suficientemente diferentes y con un mercado suficientemente estable.
(Li, Li, Liu,	Estrategia	Dinámica	Predecir la	Se propone un modelo basado en agentes para la

Wu, Ai, & Wang, 2013)		especial y poblacional	dinámica espacial y poblacional resultante de las decisiones residenciales de los individuos.	<p>simulación de la dinámica espacial de la población aplicada en la ciudad de Dongguan, abordando la influencia del mercado laboral en las decisiones residenciales individuales. El objetivo es simular los comportamientos y decisiones económicas residenciales de los individuos como variables que afectan directamente la dinámica poblacional espacial.</p> <p>Los resultados indican que el tamaño de la población simulada y la distribución espacial de cada ciudad en Dongguan son similares a los obtenidos a partir de datos del censo. Así mismo el modelo permite predecir la dinámica de la población espacial basados en dos escenarios de planificación económica en la ciudad desde 2010 hasta 2015. Los resultados predichos proporcionan una visión de la dinámica poblacional de esta región de rápido crecimiento.</p>
(Campo, Mendoza, Guizol, Villanueva, & Bousquet, 2009)	Logística	Uso de recursos naturales	Desarrollar un plan de manejo de bosques para el óptimo uso de los recursos naturales.	Se realizó un estudio a través de un modelo de simulación basada en agentes para explorar diferentes estrategias en el manejo de bosques de tres pueblos en la isla Palawan, Filipinas. Se observó la dinámica y las complejas interacciones entre las partes interesadas en la gestión de los bosques comunitarios.

				Los resultados se obtienen de los procesos de aprendizaje y negociación que las partes interesadas y los investigadores realizaron en el desarrollo colaborativo del estudio. Estos procesos dieron lugar en última instancia, al desarrollo de un plan de manejo eficaz de los recursos comunitarios.
(Hare & Deadman, 2004)	Estrategia	MSBA en estudios del medio ambiente	Conceptualizar y construir una estructura de implementación MSBA para estudiantes del medio ambiente.	<p>El objetivo de este estudio es proporcionar una visión general de la simulación basada en agentes en el modelado del medio ambiente para ofrecer técnicas que puedan ser utilizadas por los modelistas en el desarrollo de sus trabajos.</p> <p>Inicialmente se aclara la terminología de MSBA y finalmente se propone una estructura que incluye los requerimientos necesarios para el diseño y la implementación de un modelo MSBA.</p> <p>Estos requerimientos están basados en los beneficios que se perciben del MSBA a la gestión ambiental como la capacidad de modelar la interacción social, la adaptación y las múltiples opciones para tomar una decisión.</p>

Fuente: Elaboración propia

3 CONCLUSIONES

Con el desarrollo de este trabajo se logra establecer un estado situacional sobre la modelación y la simulación basados en agentes (MSBA), y el impacto que este ha tenido sobre la investigación organizacional. A partir de la revisión de literatura y el estudio de diversos casos de estudio en donde se aplicó esta herramienta, se han conocido los beneficios y también las limitaciones que los MSBA han traído en su implementación.

Se introdujo el tema a mediante el estudio y la aclaración de los conceptos fundamentales y los aspectos históricos de los MSBA a lo largo del tiempo, así como la importancia que esta tiene en el área de dirección y gerencia dentro de las organizaciones.

Muchas organizaciones han utilizado esta técnica para comprender fenómenos, hacer evaluación de estrategias y resolver problemas de diversa índole, como medio para anticiparse y resolver problemas de la forma más asertiva posible. Comprender y asimilar los cambios permanentes en el entorno empresarial, implica la utilización de modelación y simulación para la toma de decisiones al interior de la organización. Un modelo de simulación analiza el comportamiento de las variables que actúan dentro del sistema para lograr predecir diferentes tendencias y escenarios posibles de uno o varios sucesos, lograr la resolución de problemas de negocios, reducción de la incertidumbre e identificación de áreas prometedoras para un futuro.

La simulación basada en agentes ha permitido a las organizaciones obtener un panorama y una aproximación ante eventos o situaciones que pueden suceder en un futuro. Si bien la simulación no puede ofrecer con certeza lo que va a ocurrir puesto que el futuro es incierto, si se pueden generar teorías o hipótesis más cercanas dependiendo del comportamiento de los agentes estudiados, que permitan prever situaciones que en un momento podrían afectar a la organización.

Finalmente se conocen empresas que gracias a los resultados obtenidos con la implementación de MSBA, han logrado desarrollar procesos de innovación, reingeniería de negocios, optimización en la cadena de suministro, condiciones del entorno y otros efectos positivos que han permitido mejorar sus procesos y competitividad.

4 RECOMENDACIONES

En este trabajo logramos poner en evidencia la importancia del MSBA en el ámbito de las organizaciones y la toma de decisiones tanto estratégicas, como operativas. El documento puede servir como una guía para el estudio del MSBA en las organizaciones o como base conceptual, referencial y teórica para elaborar proyectos de aplicación específica. Específicamente, este trabajo servirá como insumo para la elaboración de un artículo académico titulado “Simulación Organizacional Basada en Agentes”, cuyos autores serán Dayana Ovalle (autora de este trabajo), Francisco Ortega y Nelson Gómez (tutores del mismo), y que será sometido para publicación a la revista Cuadernos de Administración (ISSN 1203592), la cual se encuentra indexada en Scopus.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albino, V., Carbonara, N., & Giannoccaro, I. (2006). Innovation in Industrial Districts: An Agent-Based Simulation Model. *Science Direct*, 104(1), 30-45.
- Barkman, G. (2009). *Predictive Assessment Methods and Tools for Supply Chain Optimization*. Canada: University of Manitoba (Canada).
- Bonabeau, E. (2002). Agent-Based Modeling: Methods and Techniques for Simulating Human Systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(3), 7280-7287.
- Bone, C., & Dragicevic, S. (2010). Simulation and Validation of a Reinforcement Learning Agent-Based Model Formulti-Stakeholder Forest Management. *Science Direct*, 34(2), 162-174.
- Borrajo, M., Corchado, J., Corchado, E., Pellicer, M., & Bajo, J. (2010). Multi-Agent Neural Business Control System. *Science Direct*, 180(6), 911-927.
- Campo, P., Mendoza, G., Guizol, P., Villanueva, T., & Bousquet, F. (2009). Exploring Management Strategies for Community-Based Forests Using Multi-Agent Systems: A Case Study in Palawan, Philippines. *Science Direct*, 90(11), 3607-3615.
- Cardoso, C., Bert, F., & Podestá, G. (S.F de S.F de 2011). *Modelos Basados en Agentes (MBA): Definición, Alcances y Limitaciones*. Recuperado el 04 de Septiembre de 2013, de The IAI: http://www.iai.int/files/science/programs/idrc/Cardoso_et_al_Manual_ABM.pdf
- Casas Pérez, M. (2006). Globalización y Tecnologías de Comunicación. *Razón y Palabra*, 1(48), 1605-4806.
- Chang, M.-H., & Harrington, J. (2000). Centralization vs Decentralization in a Multi-Unit Organization: A Computational Model of a Retail Chain as a Multi-Agent Adaptative System. *Management Science*, 46(11), 1427-1440.

- Chang, Y., & Lee, J. (2004). Case-Based Modification for Optimization Agents: AGENT-OPT. *Science Direct*, 36(4), 355-370.
- Chen, D.-N., Jeng, B., Lee, W.-P., & Chuang, C.-H. (2008). An Agent-Based Model for Consumer-to-Business Electronic Commerce. *Science Direct*, 34(1), 469-481.
- Corona Fernández, J., & Cortés del Moral, R. (2012). Complejidad, la encrucijada del pensamiento. *Universidad de Guanajuato*, 181-189.
- Edmonds, B., & Meyer, R. (2013). *Simulating Social Complexity: A Handbook* (Vols. ISBN 978-3-540-93813-2 (eBook)). Manchester, United Kingdom: Springer-Verlag.
- Eppstein, M., Grover, D., Marshall, J., & Rizzo, D. (2011). An agent-based model to study market penetration of plug-in hybrid electric Vehicles. *Science Direct*, 39(6), 3789-3802.
- Etkin, J. (2003). *Gestión de la Complejidad en las Organizaciones*. Buenos Aires: Ediciones Granica S.A.
- Fang, F., & Wong, T. (2012). Applying Hybrid Case-Based Reasoning in Agent-Based Negotiations for Supply. *Science Direct*, 37(12), 8322-8332.
- Farmer, D., Toffoli, T., & Wolfram, S. (1984). *Cellular Automata: Proceedings of an Interdisciplinary Workshop*. Los Alamos, New Mexico: North-Holland Publishing.
- Fioretti, G. (2012). Agent-Based Simulation Models in Organization Science. *Organizational Research Methods*, 16(2), 227-242.
- Florez Talavera, G. (17 de Enero de 2011). *Formando Investigadores*. Recuperado el 18 de Septiembre de 2013, de <http://formandoinvestigadores-gft.blogspot.com/2011/01/estado-del-arte.html>
- Gándara, J. M. (2007). Efectos de las TIC en las nuevas estructuras organizativas: de la gerencia vertical a la empresa horizontal. *Negotium. Ciencias gerenciales*.
- Gao, L., & Hailu, A. (2013). Identifying Preferred Management Options: An Integrated Agent-Based Recreational Fishing Simulation Model with an AHP-TOPSIS Evaluation Method. *Science Direct*, 249, 75-83.

- García, J., & Valdecasas Medina. (2011). La simulación basada en agentes: una nueva forma de explorar los fenómenos sociales. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*(136), 91-109.
- García-Magariño, I., & Gutiérrez, C. (2013). Agent-Oriented Modeling and Development of a System for Crisis Management. *Science Direct, 40*(16), 6580-6592.
- Garro, A., & Russo, W. (2010). EasyABMS: A Domain-Expert Oriented Methodology for Agent-Based Modeling and Simulation. *Science Direct, 18*(10), 1453-1467.
- Gilbert, N. (2006). *Simulación para las ciencias sociales* (Segunda Edición ed.). Madrid: McGraw-Hill.
- Godin, S. (2003). *Nuevos Paradigmas*. Ediciones Urano.
- Godin, S. (2003). *Sobrevivir no es Suficiente*. Empresa Activa.
- Goldstein, J. (1999). Emergence as a Construct: History and Issues. *Emergence: Complexity and Organization, 49-72*.
- González, F. (2008). *Escritura del Estado del Arte y Evaluación de Artículos*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Hare, M., & Deadman, P. (2004). Further Towards a Taxonomy of Agent-Based Simulation Models in Environmental Management. *Mathematics and Computers in Simulation, 64*(1), 25-40.
- Heyne, D., & Mönch, L. (2011). An Agent-Based Planning Approach within the Framework of Distributed Hierarchical Enterprise Management. *Springer Verlag, 22*(2), 205-236.
- Hu, W., Almansoori, A., Kannan, P., Azarm, S., & Wang, Z. (2012). Corporate Dashboards for Integrated Business and Engineering Decisions in Oil Refineries: An Agent-Based Approach. *Science Direct, 52*(3), 729-741.
- Huang, C.-C., Liang, W.-Y., Lai, Y.-H., & Lin, Y.-C. (2010). The Agent-Based Negotiation Process for B2C E-Commerce. *Science Direct, 37*(1), 348-359.

- Jang, M.-W., & Agha, G. (2006). Agent Framework Services to Reduce Agent Communication Overhead in Large-Scale Agent-Based Simulations. *Science Direct*, 14(6), 679-694.
- Kuo, J.-Y. (2003). A Document-Driven Agent-Based Approach for Business Processes Management. *Science Direct*, 46(6), 373-382.
- Law, A., & Kelton, W. (1991). *Simulation Modeling & Analysis*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Lee, C., Lau, H., Ho, G., & Ho, W. (2007). Design and Development of Agent-Based Procurement System to Enhance Business Intelligence. *Science Direct*, 877-884.
- Leombruni, R., & Richiardi, M. (2005). Why Are Economists Sceptical About Agent-Based Simulations? *Science Direct*, 355(1), 103-109.
- Li, L., Gong, C., Wang, D., & Zhu, K. (2013). Multi-Agent Simulation of the Time-of-Use Pricing Policy in an Urban Natural Gas Pipeline Network: A Case Study of Zhengzhou. *Science Direct*, 52(1), 37-43.
- Li, S., Li, X., Liu, X., Wu, Z., Ai, B., & Wang, F. (2013). Simulation of Spatial Population Dynamics Based on Labor Economics and Multi-Agent Systems: A Case Study on a Rapidly Developing Manufacturing Metropolis. *International Journal of Geographical Information Science*, 27(12), 2410-2435.
- Lovic, M., Li, T., & Vervest, P. (2013). Sustainable Revenue Management: A Smart Card Enabled Agent-Based Modeling Approach. *Science Direct*, 54(4), 1587-1601.
- Macy, M. (2004). Social Simulation. Computational approaches. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*.
- Macy, M., & Robert, W. (2002). From Factors to Actors: Computational Sociology and Agent-Based Modeling. *Annual Review of Sociology*, 28, 143-166.
- Marik, V., Pechoucek, M., & Stepankova, O. (2002). Organization of Social Knowledge in Multi-Agent Systems. *Integrated Computer-Aided Engineering*, 9, 195-206.
- Matson, E., DeLoach, S., & Bhatnagar, R. (2009). Evaluation of Properties in the Transition of Capability Based Agent Organization. *Web Intelligence and Agent Systems*, 7(1), 1-21.

- Métayer, Y. y. (2007). *Primeros pasos en la gestión de riesgos*. Madrid: AENOR.
- Molina Montoya, N. (2005). ¿Qué es el estado del arte? *Revistas la Salle*, 1(5), 73.75.
- Moreno Cadavid, J., Ovalle, D., & Velásquez, J. D. (2007). *Modelo de Simulación basado en Agentes de Software inteligentes*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Moyaux, T. (2004). Design, Simulation and Analysis of Collaborative Strategies in Multi-Agent Systems: The Case of Supply Chain Management. *Univerdidad LAVAL, Québec*.
- North, M., & Macal, C. (2007). *Managing Business Complexity*. New York: Oxford University Press, Inc.
- Núñez Nickel, M. y. (2002). *Las tres caras del riesgo estratégico: Riesgo sistemático, riesgo táctico y riesgo indiosincrásico*. Madrid.
- Odehnalová, P., & Olsevicová, K. (2009). Agent-Based Simulation of Development Stages of Family Businesses. *Ekonomika Management*, 77-83.
- Olivas Tercero, N. (2010). *La Importancia de la Simulación de Procesos en la Industria*. Universidad Nacional de Ingeniería-UNI-R.U.A.C.S.
- Pavón, J., Arroyo, M., Hassan, S., & Sansores, C. (2008). Agent-based Modelling and Simulation for the Analysis of Social Patterns. *Science Direct*, 29(8), 1039-1048.
- Raberto, M., Teglio, A., & Cincotti, S. (2012). Debt, Deleveraging and Business Cycles: An Agent-Based Perspective. *Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal*, 6, 2012-2027.
- Rashid, S., Yoon, Y., & Kashem, S. (2011). Assessing the Potential Impact of Microfinance with Agent-Based Modeling. *Science Direct*, 28(4), 1907-1913.
- Rodriguez, S., Julián, V., Bajo, J., Carrascosa, C., Botti, V., & Corchado, J. (2011). Agent-Based Virtual Organization Architecture. *Science Direct*, 24(5), 895-910.

- Ruiz, N., Giret, A., Botti, V., & Fera, V. (2011). Agent-Supported Simulation Environment for Intelligent Manufacturing and Warehouse Management Systems. *International Journal of Production Research*, 49(5), 1469-1482.
- Sawyer, K. (2004). *Social Explanation and Computational Simulation*. Recuperado el 17 de Septiembre de 2013, de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.165.8267&rep=rep1&type=pdf>
- Shafiei, E., Thorkelsson, H., Ásgeirsson, E., Davidsdottir, B., Raberto, M., & Stefansson, H. (2012). An agent-based Modeling Approach to Predict the Evolution of Market Share of Electric Vehicles: A case study from Iceland. *Science Direct*, 79(9), 1638-1653.
- Sharma, D., Trivedi, A., & Srinivasan, D. (2013). Multi-Agent Modeling for Solving Profit Based Unit Commitment Problem. *Applied Soft Computing*, 13(8), 3751–3761.
- Tont, G. (2012). An Integrated Framework for Business Process Re-Engineering in Multi-Agent Systems. *Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 5(1), 259-264.
- Tsou, C.-M. (2012). On The Project Management Scheduling Based on Agent Technology and Theory of Constraint. *International Journal of Electronic Business Management*, 10(4), 286-295.
- Vélez, A., & Calvo, G. (1992). *Estado del Arte. Maestría en Educación*. Bogotá: Universidad de la Sabana.
- Xue, X., Shen, Q., Li, H., O'Brien, W., & Ren, Z. (2009). Improving Agent-Based Negotiation Efficiency in Construction Supply Chains: A Relative Entropy Method. *Science Direct*, 18(7), 975-982.
- Yeung, W. (2012). Agent-based Manufacturing Control Based on Distributed Bid Selection and Publish-Subscribe Messaging: A simulation Case Study. *International Journal of Production Research*, 50(22), 6339-6356.
- Zolfpour-Arokhlo, M., Selamat, A., & Mohd Hashim, S. (2013). Route Planning Model of Multi-Agent System for a Supply Chain Management. *Expert Systems with Applications*, 40(5), 1505-1518.