



TESIS DOCTORAL

LA CULTURA DE LA INVESTIGACIÓN EN UNA ESCUELA DE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA:

Formulación, Modelamiento y Simulación de un Prototipo Generativo en Sistemas Multiagente

RODRIGO MARTÍNEZ DÍAZ, MSc.

Director:

Álvaro Zapata Domínguez, PhD. Universidad del Norte, Barranquilla

Codirectores:

Carlos E. Maldonado, PhD. Universidad del Rosario, Bogotá

Sigmar Malvezzi, PhD. Universidad de Sao Paulo, Brasil

Grupo de Investigación Humanismo y Gestión

UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN

DOCTORADO EN ADMINISTRACIÓN

2018

Resumen

Esta tesis está enfocada en el estudio de las dificultades que las Ciencias de la Administración y las Organizaciones deben afrontar en el mundo globalizado e incierto de hoy, y en la búsqueda de posibles alternativas de solución a los problemas que se originan por la utilización de métodos y prácticas que resultan anacrónicos para el tratamiento de esta problemática.

En *El Problema* se precisa que resulta innegable que las condiciones del equilibrio y certidumbre del pasado ya no son válidas debido al cambio acelerado en todas las esferas de la vida. En esencia, la complejidad creciente de las organizaciones obliga a recurrir a nuevos conceptos que proporcionen luces para la resolución de los problemas que aquejan a las organizaciones de hoy. Los métodos tradicionales ya no son verdaderamente efectivos porque fueron basados en la concepción de un mundo lineal y determinista fundamentado en el paradigma newtoniano que lo supuso perfectamente predecible y controlable. La utilización de metáforas para explicar las particularidades y el comportamiento de los sistemas sociales humanos muestra signos de agotamiento. Las nuevas ideas de las ciencias de la complejidad aportan alternativas al tratamiento de estas dificultades a través de los avances en áreas provenientes de las ciencias naturales y exactas que integrándose permiten augurar la superación en buena medida de los vacíos que se han venido evidenciando. Los managers podrían adoptar el lenguaje de la complejidad y hablar más bien de organizaciones y fenómenos organizacionales no lineales, emergentes, evolutivos, auto-organizadores, etc. Al mismo tiempo podrían utilizar ciencias de frontera como las ciencias de la complejidad y tecnologías de punta incluyendo el análisis de redes complejas y el modelamiento y la simulación basados en agentes para abordar esos problemas y obtener soluciones que permitan prácticas más acordes con la realidad de las organizaciones contemporáneas.

El Marco Teórico y Conceptual se ha diseñado para entender los diferentes conceptos que resultan de las diversas investigaciones sobre cultura social y cultura organizacional, contrastar las ideas de los autores y comprobar que desde sus concepciones fundacionales contienen los elementos de los sistemas complejos adaptativos. Se argumenta que esta es la razón por la cual las herramientas utilizadas para su análisis que de alguna manera funcionaron en el pasado ya no son completamente aptas en la contemporaneidad. La inclusión de la variable tiempo es el elemento clave que posibilita el examen de las dinámicas de los sistemas, cuestión que no se puede superar con solo la utilización de las metodologías clásicas que en buena medida son atemporales desconociendo la importancia crítica de este factor esencial para la exploración de la emergencia y evolución en los fenómenos sociales. Se estudian las ciencias de la complejidad y sus teorías asociadas, las características de los sistemas complejos adaptativos y se sustenta la necesidad de un acercamiento entre las ciencias sociales y las ciencias naturales y exactas. Esto permite validar la naturaleza de sistemas complejos adaptativos que poseen las ciencias sociales, y dentro de ellas la administración, las organizaciones, las humanidades y los fenómenos complejos que en ellas emergen, y evolucionan como la cultura organizacional en sus diversas orientaciones.

En el *Diseño Metodológico* se utiliza la *integración* de un estudio cualitativo exploratorio para la verificación de los parámetros importantes del experimento en el contexto particular de trabajo en concordancia con la teoría que sirve como fundamento para la aplicación de una fase cuantitativa, proporcionando robustez y rigor a los hallazgos. Cada etapa proporciona información diferente pero complementaria sobre la organización. Operando de esta manera se puede contar con una rica y profunda comprensión las estructuras, subculturas y patrones de comportamiento organizacionales y con la posibilidad de visualización de los diferentes resultados en la medida en que se ajustan, a conveniencia del investigador, los parámetros de operación en el entorno de simulación. La utilización conjunta a nivel exploratorio de los métodos clásicos ha permitido extraer la información necesaria para su utilización en el análisis de redes complejas (ARS) y el modelamiento y simulación basado en agentes (ABMS), logrando una aproximación realista al entorno bajo experimentación con datos empíricos, evitando el uso de datos generados aleatoriamente que es típico de los estudios teóricos. Las simulaciones ofrecen la posibilidad de generar diferentes escenarios de interés y determinar entre otras posibilidades la existencia de estructuras organizacionales informales, de focos de intermediación en la comunicación organizacional, de agentes con fuerte influencia dentro de la sociedad artificial, de agentes con influencia repulsiva y la emergencia de subgrupos o subculturas imposibles de detectar por los métodos tradicionales.

El Estudio Empírico y sus resultados permiten develar algunas características organizacionales importantes de la sociedad artificial en experimentación. En los escenarios seleccionados efectivamente se pudo evidenciar algún resultado contraintuitivo. Mediante el análisis de redes se detectó la presencia de agentes con gran número de conexiones ejerciendo roles de liderazgo sin necesariamente estar ubicados en la jerarquía organizacional formalmente. Aparecen algunos agentes con gran poder de intermediación (*betweenes*) sobre el flujo de la información que pueden permitir u obstaculizar el flujo de esta, modificarla o tergiversarla de acuerdo con sus intereses individuales, otros agentes aparecen aislados del grupo. Se puede visualizar la estructura informal y la formación de subgrupos o clústeres culturales que pueden asimilarse a subculturas.

Las Teorizaciones. El estudio de la literatura sobre las diferentes temáticas de la Tesis y la ejecución computarizada de los modelos han recreado diversas visiones sobre la realidad de los fenómenos organizacionales las cuales se condensan en diferentes teorizaciones que se evidencian a lo largo de su desarrollo y la ejecución de corridas de simulación y que resultan de aplicación útil a las ciencias del management y las organizaciones de hoy. Se han incluido: la consideración del hombre en las organizaciones, la conexión micro-macro en los fenómenos sociales, la incertidumbre organizacional, la inutilidad de la predicción y el control, la complejidad organizacional, las organizaciones y los fenómenos organizacionales como sistemas complejos adaptativos, la emergencia, la evolución y la adaptación o autoorganización, las organizaciones operando en el filo del caos, el liderazgo complejo, los motivadores y obstaculizadores de la investigación profesoral, las influencias sociales, los dispositivos de la complejidad y finalmente el management complejo.

Summary

This thesis is focused in the study of the difficulties that the Sciences of the Administration and the Organizations must confront in a globalized and uncertain world and in the search of possible alternatives of solution to the problems that originate by the use of methods and practices that they are anachronistic for the treatment of this problem.

In The Problem it is stated that it is undeniable that the conditions of equilibrium and certainty of the past are no longer valid due to the accelerated change in all spheres of life. In essence, the growing complexity of organizations requires resorting to new concepts that provide lights for the resolution of the problems that afflict today's organizations. The traditional methods are no longer truly effective because they were based on the conception of a linear and deterministic world based on the Newtonian paradigm that made it perfectly predictable and controllable. The use of metaphors to explain the particularities and behavior of human social systems shows signs of exhaustion. The new ideas of the sciences of complexity provide alternatives to the treatment of these difficulties through advances in areas from the natural and exact sciences that integrating allow us to predict the improvement to a large extent of the gaps that have been evidenced. Managers could adopt the language of complexity and speak rather of organizations and organizational phenomena non-linear, emerging, evolutionary, self-organizing, etc. At the same time, they could use frontier sciences such as complexity sciences and cutting-edge technologies, including the analysis of complex networks and agent-based modeling and simulation to address these problems and obtain solutions that allow for practices that are more in line with the reality of the contemporary organizations.

The Theoretical and Conceptual Framework has been designed to understand the different concepts that result from the different investigations on the social culture and the organizational culture, to contrast the ideas of the authors and to verify that from their foundational conceptions they contain the elements of the complex adaptive systems. It is argued that this is the reason why the tools used for their analysis that somehow worked in the past are no longer completely suitable in the contemporaneity. The inclusion of the time variable is the key element that makes possible the examination of the dynamics of the systems, an issue that can not be overcome with the use of classical methodologies that are largely timeless, ignoring the critical importance of this essential factor. the exploration of the emergence and evolution in social phenomena. The complexity sciences and their associated theories, the characteristics of complex adaptive systems are studied and the need for an approach between the social sciences and the natural and exact sciences is supported. This allows to validate the nature of complex adaptive systems that the social sciences possess, and within them the administration, the organizations, the humanities and the complex phenomena that emerge in them, and evolve as the organizational culture in its different orientations.

In the Methodological Design the integration of a qualitative exploratory study is used to verify the important parameters of the experiment in the particular work context in accordance with the theory that serves as the basis for the application of a quantitative phase, providing robustness and

rigor to the findings. Each stage provides different but complementary information about the organization. Operating in this way, we can count on a rich and deep understanding of the structures, subcultures and organizational behavior patterns and with the possibility of visualizing the different results insofar as they adjust, at the convenience of the researcher, the operating parameters in the simulation environment. The joint use at the exploratory level of the classical methods has allowed to extract the necessary information for its use in the analysis of complex networks (ARS) and the modeling and simulation based on agents (ABMS), achieving a realistic approach to the environment under experimentation with data. empirical, avoiding the use of randomly generated data that is typical of theoretical studies. The simulations offer the possibility of generating different scenarios of interest and determine, among other possibilities, the existence of informal organizational structures, foci of intermediation in organizational communication, agents with a strong influence within the artificial society, agents with repulsive influence and the emergence of subgroups or subcultures impossible to detect by traditional methods.

The Empirical Study and its results allow to reveal some important organizational characteristics of the artificial society in experimentation. In the selected scenarios, some counterintuitive result could be evidenced. Through the analysis of networks, the presence of agents with a large number of connections was detected, exercising leadership roles without necessarily being formally located in the organizational hierarchy. There appear some agents with great power of intermediation (betweenes) on the flow of information that can allow or hinder the flow of this, modify or distort it according to their individual interests, other agents appear isolated from the group. You can visualize the informal structure and the formation of subgroups or cultural clusters that can be assimilated to subcultures.

Theorizations. The study of the literature on the different topics of the Thesis and the computational execution of the models have recreated diverse visions on the reality of the organizational phenomena which are condensed in different theories that are evident throughout their development and the execution of simulation runs and that are of useful application to the management sciences and organizations of today. They have included: the consideration of man in organizations, the micro-macro connection in social phenomena, organizational uncertainty, the futility of prediction and control, organizational complexity, organizations and organizational phenomena as complex adaptive systems, the emergence, evolution and adaptation or self-organization, organizations operating on the edge of chaos, complex leadership, the motivators and obstacles to teacher research, social influences, the devices of complexity and finally complex management.

Tabla de Contenidos

Introducción	1
Aspectos Generales	1
Las Universidades Como Anarquías Organizadas	3
La Estructura de la Tesis	4
Capítulo 1. Formulación del Problema	6
1.1 Descripción del Problema.....	6
1.2 La Administración: Evolución y sus Problemas Conceptuales y Humanos	7
1.2.1 La importancia de la cultura organizacional.	12
1.2.2 La cultura organizacional en las universidades.	13
1.2.3 La cultura organizacional en Colombia.....	13
1.2.4 La complejidad de la cultura organizacional.....	13
1.2.5 La conveniencia de estudiar la cultura organizacional en las universidades.....	16
1.3 Justificación	17
1.4 El Alcance de la Investigación.....	18
1.5 Las Preguntas de la investigación.....	19
1.5.1 Principal.....	19
1.5.2 Secundarias.....	19
1.6 Objetivos	19
1.6.1 Objetivo General.	19
1.6.2 Objetivos Específicos.	19
Capítulo 2. Marco Teórico y Conceptual	21
2.1 Revisión de la Literatura y Estado del Arte	21
2.1.1 Sobre la cultura social y la cultura organizacional.	21
2.1.2 La literatura sobre las ciencias de la complejidad.	21
2.2 El Marco Teórico de la Cultura.....	26
2.2.1 La tipología de los conceptos de cultura.	26
2.2.2 Las definiciones de la cultura.	28
2.3 La Cultura Organizacional	29
2.3.1 Las perspectivas en el estudio de la cultura organizacional.	29
2.3.2 Algunas definiciones de la cultura organizacional.	34
2.3.3 Multiculturas, Subculturas y Contraculturas.	38
2.3.4 Los estudios de la cultura organizacional.....	38
2.3.5 El paradigma de las Tres Culturas.....	40
2.3.6 Los modelos clásicos de la cultura organizacional.....	42

2.4 Marco Teórico de la Complejidad: Principios y Teorías Asociadas	50
2.4.1 La complejidad y la teoría general de sistemas.	51
2.4.2 Las concepciones de la complejidad.	53
2.4.3 La naturaleza de la complejidad.	55
2.4.3.1 <i>El ciclo y la flecha del tiempo.</i>	57
2.4.4 Las ciencias o teorías asociadas a la complejidad.	58
2.4.4.1 <i>La termodinámica del no equilibrio.</i>	59
2.4.4.2 <i>La geometría fractal.</i>	61
2.4.4.3 <i>La teoría del caos.</i>	62
2.4.4.4 <i>La teoría de las catástrofes.</i>	65
2.4.4.5 <i>Las lógicas no clásicas, divergentes o filosóficas.</i>	66
2.4.4.6 <i>La teoría de las redes complejas o redes sociales.</i>	67
2.4.5 La Tipología de los Fenómenos Dinámicos.	72
2.4.6 Las Propiedades de los Sistemas Complejos.	76
2.4.7 Los Sistemas Complejos Adaptativos.	79
2.4.7.1 <i>Las propiedades y mecanismos de los sistemas complejos adaptativos.</i>	82
2.4.1 Los Dispositivos de la Complejidad.	83
2.4.2 Escenarios y espacio de configuraciones.	94
2.5 El Ineludible Diálogo Transdisciplinar: Ciencias Sociales y Ciencias Naturales.....	95
2.5.1 Complejidad y ciencias sociales.	95
2.5.2 Complejidad y management.	98
2.5.3 Complejidad y organizaciones.	101
2.5.4 Complejidad y cultura organizacional.	106
2.5.5 La influencia en los fenómenos sociales y los modelos de simulación.	112
2.6 La Matriz de Análisis Teórico	114
2.7 Síntesis del Contexto Teórico	115
Capítulo 3. Diseño Metodológico	116
3.1 Tipo de Investigación	116
3.1.1 El Estudio de Caso.	116
3.1.2 La población y la muestra.	117
3.1.3 Las Técnicas de Investigación.	117
3.1.4 De las entrevistas	117
3.1.5 La observación directa y la observación participante.	118
3.1.6 El cuestionario.	118
3.1.7 La diversidad.	120
3.1.8 La revisión documental.	120
3.1.9 Validez de la investigación cualitativa.	120
3.2 El Diseño y Construcción del Modelo Computacional en Sistemas Multiagente.....	121

3.2.1 Metodología para alcanzar cada objetivo específico.....	122
3.2.2 Esquema general del proceso de investigación.	124
Capítulo 4. Estudio Empírico y Resultados	125
4.1 La Investigación Científica en la Universidad Pública	125
4.1.1 La gestión de la función de investigación en las universidades.	126
4.1.2 Un modelo general de la investigación en las universidades.	126
4.1.3 Un modelo del investigador universitario.	127
4.1.4 La selección del modelo de influencia social.	129
4.1.5 Los recursos e instrumentos.	129
4.1.6 Los experimentos.....	129
4.2 El Análisis de Redes Complejas en esta Tesis	130
4.2.1 Interfaz del modelo para redes en Gephi.	133
4.3 El ABMS en esta Investigación.....	134
4.3.1 La interfaz del modelo de simulación ABMS en Netlogo.	136
4.4 Experimentos de Simulación: Resultados, Interpretación y Explicaciones.....	137
4.4.1 Los experimentos con sociomatrices y redes.	138
4.4.1.1 <i>La red de homofilia.</i>	141
4.4.1.2 <i>La red de influencia repulsiva.</i>	142
4.4.2 Los experimentos y resultados obtenidos con el ABMS.....	143
Capítulo 5. Teorizaciones Emergentes	151
Bibliografía	165
Anexos	200

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Literatura sobre Cultura y Cultura Organizacional</i>	22
Tabla 2 <i>Literatura sobre Teoría General de Sistemas y Complejidad</i>	23
Tabla 3 <i>Literatura sobre Características de los Sistemas Complejos</i>	24
Tabla 4 <i>Literatura sobre Redes, Agentes y Simulación</i>	25
Tabla 5 <i>El Modelo de la Cultura Organizacional de Zapata & Rodríguez</i>	47
Tabla 6 <i>Diferencias y Similaridades entre Pensamiento Sistémico y la Complejidad</i>	53
Tabla 7 <i>Propiedades de los CAS</i>	82
Tabla 8 <i>Modelos de Influencia Social</i>	114
Tabla 9 <i>Características Seleccionadas</i>	118
Tabla 10 <i>Ficha Técnica del Estudio Cuantitativo</i>	119
Tabla 11 <i>Grado con Pesos</i>	140
Tabla 12 <i>Niveles de Intermediación (Betweenness)</i>	141

Lista de Figuras

Figura 1 Modelo de la Cultura Organizacional de Schein.....	31
Figura 2 Marco Conceptual de la Cultura Organizacional de Allaire & Firsirotu.....	33
Figura 3 El Modelo OCI de Denison	43
Figura 4 El Modelo OCAI de Cameron & Quinn.....	44
Figura 5 El Iceberg Cultural de Herman.....	44
Figura 6 El Modelo de Cultura Organizacional de Cooke & Lafferty	45
Figura 7 El Modelo de Cultura Organizacional ODQ de Bruce & Avolio.....	46
Figura 8 Las Ciencias de la Complejidad	58
Figura 9 La Termodinámica del No Equilibrio.....	59
Figura 10 La Flecha del Tiempo	60
Figura 11 El Fractal de Mandelbrot	62
Figura 12 Atractor de Punto Fijo	64
Figura 13 Atractores Periódicos o de Ciclo Límite	64
Figura 14 Atractor Extraño	65
Figura 15 Panorama de las Lógicas No-Clásicas.....	67
Figura 16 Red de Amigos	68
Figura 17 Red de Interacción Política.....	69
Figura 18 Red de Enfermedades Humanas	69
Figura 19 Configuraciones de Red	70
Figura 20 Sociograma y Sociomatriz Asociada.....	72
Figura 21 El Flujo hacia el Caos y la Incertidumbre	73
Figura 22 Los Cuatro Estados en un Continuo	75
Figura 23 Un CAS en Operación	82
Figura 24 La Ciencia Social Computacional	83
Figura 25 La Arquitectura BDI.....	89
Figura 26 El Proceso de Investigación.....	124
Figura 27 Un Modelo General del Proceso de Investigación en las Universidades	127
Figura 28 Redes de Equipos de Alto y Bajo Desempeño	132

Figura 29 Plataforma Gephi.....	133
Figura 30 Plataforma Netlogo – Redes.....	134
Figura 31 La Interfaz Netlogo-Cultura Organizacional.....	137
Figura 32 Red No Dirigida	138
Figura 33 Comunidades Diferenciadas en la Sociedad Artificial	139
Figura 34 Red Dirigida de Contactos.....	139
Figura 35 La Red de Centralidad de Intermediación (Betweenness Centrality)	140
Figura 36 La Red de Homofilia	141
Figura 37 La Red de Influencia Repulsiva	142
Figura 38 Cultura de Investigación _Escenario Axelrod.....	143
Figura 39 Cultura de Investigación _Escenario Limitación de Similaridad	144
Figura 40 Cultura de Investigación _Escenario con Umbral de Confidencia.....	145
Figura 41 Cultura de Investigación _Escenario con Umbral de Repulsión	146
Figura 42 Cultura de Investigación _Escenario con Incremento en el Rango de Interacción	147
Figura 43 Cultura de Investigación _Escenario con 2 Incrementos en el Rango de Interacción	148
Figura 44 Cultura de Investigación _Escenario con Interacción Aleatoria	149

Lista de Anexos

Anexo A. Estudio Cualitativo Exploratorio - Informe de entrevista	200
Anexo B. El cuestionario	203
Anexo C. Definición de conceptos, términos, expresiones y vocablos utilizados.....	205
Anexo D. Criterios de Validez de una Investigación Cualitativa	215
Anexo E. Publicaciones	217
Anexo F. Seudocódigo.....	218

Dedicatoria

A la memoria de mi querida madre Ofelia, quien siempre me impulsó y apoyo decididamente para seguir avanzando constantemente en mis estudios.

Agradecimientos

El autor expresa su gratitud a su Director Álvaro Zapata Domínguez Profesor Titular de la Universidad del Norte por su orientación y aportes críticos a todo lo largo del desarrollo del trabajo. Al Doctor Sigmar Malvezzi Profesor Emérito de la Universidad de Sao Paulo por su cortesía y generosidad dedicando varias tardes de su agitada agenda para revisar cuidadosamente el texto inicial e indicarme las mejores maneras de argumentación. Al Doctor Carlos Eduardo Maldonado Profesor Titular de la Universidad del Rosario de Bogotá quien ha guiado mis primeros pasos en el estudio de las ciencias de la complejidad y posteriormente orientó los avances del trabajo en esta área.

También a los miembros del Jurado de Evaluación, Doctores: Érico Rentería, Ezequiel Ramírez Lira y John Gregory Belalcázar por sus críticas y recomendaciones que condujeron a los ajustes, perfeccionamiento y defensa de los resultados finales.

A los directivos y profesores de la Escuela donde se realizó este estudio que con su participación apoyaron la generación de los datos imprescindibles para la estructuración de los modelos computacionales en sistemas multiagente.

Agradecimientos especiales para mi hermana María Nazly quien me ha brindado todo el apoyo familiar necesario durante el desarrollo y la culminación de la tesis. Para Olga Nancy y mis hijos Rodrigo Alberto, Rodrigo José y Natalia que debieron soportar mi dedicación a las labores académicas restando tiempo para su atención.

A María Teresa, Neil, Amparo, Diego y Damaris funcionarios de la Biblioteca de la Universidad del Valle y demás personal por su excelente disposición y amabilidad en cuanto a consultas, consecución de artículos, libros y demás material bibliográfico solicitado.

A mis compañeras de clase Diana y Adriana quienes me brindaron su aporte en la revisión del texto preliminar y en lo referente a los métodos cuantitativos y cualitativos. A Nathalie Mezza-García por su ayuda en la obtención de material especializado sobre las teorías de la complejidad y a mi estimada amiga Martha Lucía Bonilla por su colaboración y dedicación en la revisión, modificaciones e impresión del material que lo ha requerido.

Introducción

En consideración a que esta tesis se realiza sobre las ciencias de la administración, se incluye una breve descripción histórica de estas en la formulación del problema en donde se trata sobre el desconocimiento del managerialismo actual en el tema de la parte humana en las organizaciones. Posteriormente se incursiona en los diferentes aspectos de la cultura organizacional, se argumenta sobre su importancia como factor de alto impacto para el éxito organizacional, los estudios realizados en Colombia y sobre cómo opera este constructo en la universidad. Luego, se profundiza en la percepción de la cultura organizacional como un sistema complejo adaptativo que presenta dificultades si se estudia a través de las metodologías clásicas cuantitativas y cualitativas y se esboza una perspectiva de cómo puede ser el estudio del fenómeno cultural desde la perspectiva de las ciencias de la complejidad. Finalmente se presenta la estructura de la tesis.

Aspectos Generales

La Tesis Doctoral “La Cultura de la Investigación en una Escuela de una Universidad Pública: Formulación, Modelamiento y Simulación de un Prototipo Generativo en Sistemas Multiagente” tiene como propósito concebir, modelar, implementar y simular un modelo¹ teórico y computacional² de la cultura organizacional orientada a la investigación que permita explicar las características de la emergencia y evolución del fenómeno a partir de los fundamentos de las ciencias de la complejidad. Se propone el uso de herramientas y mecanismos de ciencia de frontera mediante la aplicación de tecnologías de punta para la construcción de vida artificial y sociedades artificiales específicamente el análisis de redes sociales (ARS) y el Modelamiento y Simulación Basado en Agentes (ABMS) (Maldonado & Gómez C., 2011). La cultura organizacional hace su irrupción en el discurso administrativo a finales de los años 70s con una producción literaria sobre la empresa enfocada desde el ámbito teórico-académico y la consultoría de investigación aplicada en busca de mejoras en la competitividad empresarial y dirigida en especial a los gerentes (Barley & Kunda, 1995). Esta producción dio preponderancia al tratamiento del asunto cultural en las empresas desde una visión de estas como entidades compuestas por redes de relaciones humanas.

Estos estudios se han abordado desde diferentes posturas teóricas con fuerte ímpetu desde los años 80's (Denison, 1991; Ouchi, 1981; Peters & Waterman Jr., 1982; Willmot, 2007). Diferentes criterios y conceptos han surgido en razón a la importancia del constructo de la cultura en la vida organizacional. Sin embargo, a pesar de este cúmulo de trabajos las dificultades empresariales y organizacionales en el tratamiento del fenómeno cultural subsisten y se podría afirmar que se

¹ Un modelo científico es un constructo humano como una representación abstracta de la realidad, siempre incompleto. Puede ser mental, conceptual, gráfico, teórico, matemático, computacional y de otros tipos. Tiene como finalidad explorar, explicar, controlar y predecir los resultados de los fenómenos que pretende representar.

https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_cient%C3%ADfico.

² Un *modelo computacional* proporciona una descripción matemática de un fenómeno de interés representando el mecanismo por el cual se despliega un proceso dinámico (Kozłowski, Chao, Grand, Braun, & Kuljanin, 2013).

incrementan con el paso del tiempo. Pareciese que los estudios representar no tienen la suficiente contundencia para aclarar la naturaleza del fenómeno cultural en las organizaciones. Aunque, desde el punto de vista académico las teorías clásicas y modernas de la organización han brindado un apoyo importante en el entendimiento del fenómeno cultural, su interpretación por parte de los administradores se queda en concepciones de tipo lineal³ y mecanicista⁴. Pero, en el mundo globalizado de hoy con cambios acelerados que involucran una naturaleza turbulenta e incertidumbre creciente y que a menudo producen comportamientos contraintuitivos⁵ (Forrester, 1971; McCabe, 2014), las herramientas clásicas disponibles parecen agotarse. Posiblemente estas dificultades podrían superarse abordando el estudio del fenómeno a partir de su consideración como un sistema complejo adaptativo⁶.

El conjunto de experiencias, hábitos, costumbres, creencias, mitos, ideologías, valores, lenguaje y rituales propios de una comunidad de individuos se ha nombrado de diferentes formas. Así, la cultura corporativa fue promulgada por Peters & Waterman (1982) como resultado de sus trabajos de identificación de los factores que contribuyeron al éxito a largo plazo de las empresas (Peters & Waterman Jr., 1982). El vocablo cultura corporativa se aplica a entidades con fines de lucro, a un “*tipo específico de organización humana orientado a la producción de mercancías*” (Belaustegi I., 2012). A diferencia de estas, las culturas organizacionales no siempre se gestan en función de beneficios, rentabilidad o resultados financieros. Molina (2000) sintetiza la utilización de los diferentes términos:

“Actualmente se utiliza “cultura organizacional” cuando se quiere enfatizar una aproximación teórica o académica, “cultura empresarial”, cuando se alude a ese objetivo susceptible de intervención presente en la empresas en general y “cultura corporativa” cuando se alude, además, al conjunto de caracteres distintivos de una organización en particular (Molina, 2000, p. 242).

Como opción de orden práctico, en esta tesis se elige la expresión *cultura organizacional*. Se considera que incluye cualquier clase o tipo de organización, aunque se encuentre fuera del ámbito empresarial⁷.

³ Lineal se refiere a sistemas cuyo comportamiento cumple los principios de superposición y homogeneidad. Es decir, se puede inferir que “*el todo es igual a la suma simple de las partes*” (Ackoff, 2004).

⁴ El mecanicismo es una doctrina fundamentada en la idea del reloj universal de Newton, según la cual toda realidad natural posee una estructura comparable a la de una máquina, entonces, puede explicarse con base en modelos mecánicos (Laguna, 2016). Para las ciencias sociales la visión mecanicista indica organizaciones con alto grado de especialización y división del trabajo, muchas reglas y programas formales, centralización en la toma de decisiones, estructura de mando jerárquica y rígida, y coordinación mediante la estandarización del trabajo (Burns & Stalker, 1962).

⁵ Contraintuitivo se refiere a comportamientos que se desvían de lo que se espera con base en el sentido común. La lógica formal, o clásica es insuficiente para estudiarlos y/o comprenderlos (Forrester, 1971).

⁶ Un sistema es *complejo adaptativo* si tiene la propiedad de modificarse o cambiarse aprendiendo de las experiencias. Se caracterizan por un cambio perpetuo (Waldrop, 1994).

⁷ Expresiones como cultura organizacional, cultura de las organizaciones, cultura institucional, cultura organizativa, cultura corporativa, cultura industrial, cultura de negocios, cultura administrativa (Guerrero, 2007) y cultura empresarial se consideran como sinónimos para los fines de esta Tesis.

Las Universidades Como Anarquías Organizadas

Para los propósitos de esta investigación es oportuno mencionar que desde el año 1972 March, Cohen y Olsen habían catalogado a las universidades como *anarquías organizadas*, es decir, como entidades caracterizadas por sus preferencias casi problemáticas, con diversos objetivos a veces contradictorios, con su tecnología difusa y con la participación fluida de sus actores en los procesos de decisión. Las universidades son descritas como una *colección floja de ideas*⁸ cambiantes en vez de una *estructura coherente*. En estas organizaciones bajo circunstancias ambiguas, con objetivos compartidos e inconsistentes, se toman decisiones aun sin lograr consenso, lo que sugiere organizaciones complejas (Cohen, March, & Olsen, 1972).

De acuerdo con estos autores la efectividad de las decisiones impacta sobre las variables organizacionales en buen grado, efecto motivado por la situación de la holgura organizacional⁹, bastante precaria en la educación superior estatal colombiana (SUE, 2012). Para el estudio de las universidades los autores resaltan la necesidad y la conveniencia del cambio de los modelos clásicos de la administración, ya que estas organizaciones no responden adecuadamente a esos preceptos (Cohen, March, & Olsen, 1972) apoyando la postura de esta tesis. Hoy a la luz del avance en el estudio de la complejidad, la exposición anterior puede interpretarse como que las universidades en primera instancia son *sistemas*, dado el conjunto de componentes interrelacionados que las conforman. Son *sistemas complejos* ya que, debido a esas interrelaciones en el micro nivel, emergen comportamientos colectivos no predecibles desde los micromotivos que impulsan las acciones de los actores individuales. Por otra parte, la toma de decisiones y los problemas que se suceden en una secuencia de seguimiento del uno al otro, indican la existencia de lazos de realimentación (*feedback*) positivos y/o negativos de doble sentido, posiblemente no lineales¹⁰ que producen modificaciones constantes sobre las decisiones tomadas, en un proceso adaptativo a las condiciones del entorno. Estas instituciones se autoorganizan¹¹, es decir, desde la complejidad las universidades poseen las características de los *sistemas complejos adaptativos*.

Las universidades como instituciones de educación superior no escapan a los efectos de esta concepción. Son campos de contradicciones, conflictos, debates y antagonismos de diferente índole que suceden en una red compleja de elementos no reducibles a aspectos únicamente

⁸ La organización parece operar en una variedad de preferencias inconsistentes e indefinidas (Cohen, March, & Olsen, 1972).

⁹ La holgura organizacional se entiende como la diferencia entre los recursos disponibles de una organización y el total de las diferentes demandas sobre esos recursos. Es decir, el exceso de capacidad mantenida por una organización (Näslund, 1964).

¹⁰ Los fenómenos no lineales no cumplen el principio de superposición. Las soluciones del comportamiento no pueden obtenerse desde las soluciones del comportamiento de las partes. La importancia de las condiciones iniciales en el comportamiento y resultados del desempeño de los sistemas dinámicos complejos es crucial (Kalil, 1996; Strogatz, 2000).

¹¹ La autoorganización se interpreta como la reducción espontánea de la entropía (entendida como la desorganización progresiva de los sistemas y finalmente su homogenización con el entorno), o lo que es lo mismo, el incremento del orden en un sistema dinámico (Heylighen & Joslyn, 2001). Ocurre cuando las interacciones entre elementos de un sistema producen patrones globales de comportamiento sin que exista un control central o externo conduciendo a regularidades globales (Gershenson, 2015).

económicos, políticos o sociológicos. La vida universitaria ha estado cargada en el pasado, y no es muy diferente hoy, de inconvenientes que van desde mítines, bloqueos, protestas, cierres, ingreso de la fuerza pública, etc., propios de las anarquías organizadas, en otras palabras, característicos de los sistemas complejos adaptativos. Pero, dentro de los acontecimientos del diario vivir institucional, algunos eventos llaman a la sorpresa, a lo inesperado, a lo imprevisto, a la ocurrencia de sucesos contraintuitivos que denotan la marca de la complejidad.

La Estructura de la Tesis

Esta tesis está estructurada en capítulos. El Capítulo 1 comprende la descripción, discusión, análisis y argumentación que sustenta la existencia del problema del estudio de la cultura organizacional¹² universitaria como un fenómeno colectivo que impacta sobre un amplio espectro dentro del ámbito universitario como un sistema evolutivo. Un tratamiento utilizando las teorías de la complejidad posibilita explicar adecuadamente sus características de emergencia y evolución. Se incluye una breve síntesis sobre la evolución de la administración, sus problemas humanos y conceptuales, un acápite sobre la importancia de la cultura organizacional y los estudios realizados en las universidades a nivel mundial y en Colombia. Se habla sobre las dificultades y los estudios de la cultura organizacional desde la perspectiva de la complejidad y la conveniencia de estudiarla en las universidades. En la última parte se realiza la justificación, alcances e interrogantes de la investigación, las preguntas, y los objetivos.

El Capítulo 2 *Marco teórico y conceptual* inicia con la revisión de la literatura. Se expone y contrasta la fundamentación teórica producida por diferentes autores con relación a la cultura social y organizacional. Se exploran sus orígenes y principios, su importancia para la administración y las organizaciones, la emergencia de las multiculturas o subculturas y las contraculturas. Se explican los principios teóricos de la complejidad y sus ciencias asociadas. Se presentan las ciencias de la complejidad y la teoría de la evolución como elementos que permiten explorar el horizonte de posibilidades con algunas semejanzas con la evolución biológica, dejando en claro que se trata de otra forma genuina de evolución. Se revisan las similitudes y divergencias entre la Teoría de Sistemas y las Teorías de la Complejidad. Se presentan y discuten los fundamentos de las ciencias de la complejidad específicamente y se presentan las distintas ciencias asociadas a la complejidad. Se exponen los conceptos y teorías de los sistemas complejos adaptativos, se trata sobre los dispositivos de la complejidad como el modelamiento¹³ y simulación¹⁴ basado en agentes y el análisis de redes complejas. Se hace una exposición de los

¹² La cultura organizacional en sus diferentes orientaciones (innovación, seguridad, investigación, calidad, etc.), (March-Chorda & Moser, 2010; Choudhry, Fang, & Mohamed, 2007).

¹³ El modelamiento permite, a nivel teórico, “mejorar el conocimiento y la comprensión de un fenómeno o proceso involucrando el estudio de la interacción entre las partes de un sistema y el sistema como un todo” (<https://www.utadeo.edu.co/es/link/maestria>).

¹⁴ La simulación es la operación matemática y computacional de un modelo que permite la visualización a través del tiempo del comportamiento y evolución de un sistema mediante técnicas computacionales (<https://www.utadeo.edu.co/es/link/maestria>).

diversos métodos de modelamiento que se utilizan para las ciencias sociales. Se dedica un aparte para examinar la necesidad del establecimiento de un diálogo transdisciplinar entre las ciencias sociales y las ciencias naturales y los posibles beneficios de su convergencia. Se contrastan los criterios de complejidad referentes a los sistemas complejos adaptativos y sus posibles concordancias con las ciencias sociales, el management, las organizaciones y sus fenómenos emergentes. Se sustenta la característica de sistemas complejos adaptativos que poseen la administración, las organizaciones y la cultura organizacional. Luego se presentan el marco contextual, la matriz y la síntesis del contexto teórico.

El Capítulo 3 es el *diseño metodológico* de la investigación y define el tipo de investigación, el estudio de caso, la población y muestra, las técnicas de investigación. Sustenta la validez de la investigación, el diseño y construcción del modelo computacional y la metodología para el logro de los objetivos específicos.

El Capítulo 4 corresponde al *estudio empírico y los resultados*. Se describe la cultura investigativa en el mundo y en la universidad pública colombiana, se presenta la fundamentación teórica y el proceso de construcción del modelo computacional que permite explicar cómo evoluciona el sistema cultural orientado a la investigación en una Escuela dentro de una sociedad de individuos interactuantes en una sociedad artificial en sistemas multiagente (SMA). Se ocupa del diseño, definición de la arquitectura del modelo, el paradigma de influencia para la toma de decisiones y la escritura de los programas computacionales. También, se consignan los detalles de la realización de los experimentos de simulación, los resultados obtenidos en cada uno de los escenarios adoptados y su interpretación. Se realizan múltiples corridas de simulación para diferentes condiciones de las variables y valores de los parámetros del modelo computacional. La implementación de los escenarios seleccionados en sistemas multiagente permite explicar la emergencia y evolución del fenómeno cultural universitario en un ámbito experimental concreto en la idea de *¿Si.....entonces?* o *(¿If...then)* al modificar las condiciones de los experimentos. Se discuten e interpretan los resultados. Se presentan las principales conclusiones, limitaciones y futuras líneas de investigación.

En el Capítulo 5 se condensan algunas teorizaciones que han surgido en el transcurso de esta investigación y que resultan útiles para su aplicación y las perspectivas de cambio en el management contemporáneo.

Finalmente se presentan los aportes de esta tesis, sus limitaciones, las conclusiones y las posibles futuras líneas de investigación. El Anexo C es un listado con la definición de conceptos, términos y vocablos propios de las disciplinas bajo estudio. El Anexo E detalla las publicaciones motivadas por el avance de esta tesis.

Capítulo 1. Formulación del Problema

1.1 Descripción del Problema

El estudio de alternativas como la complejidad y las ciencias computacionales organizacionales busca presentar nuevas visiones y dispositivos para una mejor comprensión de la emergencia y evolución de los fenómenos complejos adaptativos de ocurrencia habitual en las organizaciones, específicamente en esta tesis, de la cultura organizacional orientada a la investigación. Un recorrido sintético sobre la administración de las organizaciones se presenta a continuación. Se pretende enfatizar como las ciencias del management actual consideran al ser humano como un factor de producción, como una cosa. Esto ha conllevado a visualizarlo como una máquina humana sin autoconsciencia, emociones ni sentimientos. Los análisis mecanicistas, lineales y deterministas de corte newtoniano utilizados para determinar las estrategias y políticas empresariales son el resultado de estas concepciones. El poco interés del management por las cuestiones humanas se ve reflejado en la efectividad de las organizaciones, la que resulta vigorosamente impactada por el fenómeno de la cultura organizacional como la fuerza intangible que dirige las acciones de las personas en estos conglomerados.

El estudio del fenómeno cultural se ha tomado como instrumental, de manera funcional, como algo que la organización o la empresa tienen y que se puede manejar. Esta lógica lineal y mecanicista evidencia la idea que la corriente principal del management tiene de los individuos vinculados a las organizaciones. La presunción de linealidad del comportamiento de los individuos y los procesos en las organizaciones es una seria limitación para los fines organizacionales fruto de la adopción de la metáfora de la máquina humana. Desde los orígenes de la administración la idea de linealidad se aceptó como algo aplicable al mundo real y por tanto al mundo industrial de la época. La linealidad acoge el principio de superposición enarbolado por Adam Smith (1999) cuando hace casi 300 años postula en su libro “La riqueza de las Naciones” que:

"Así como el capital de un individuo solo puede expandirse merced a lo que ahorre de su ingreso anual o sus ganancias anuales, lo mismo sucede con el capital de una sociedad, lo mismo que el capital de todos los individuos que la componen y solo puede crecer de la misma manera" (Smith, 1999, p. 433).

Adam Smith también promulgó la división del trabajo, el cual puede descomponerse en operaciones simples. Como ejemplo el caso de un fabricante de alfileres es bien ilustrativo de la aplicación del pensamiento lineal y el principio de superposición a la economía y el management de su época, pero que aún permea las corrientes dominantes de hoy:

"Un hombre estira el alambre, otro lo endereza, un tercero lo corta, ..., un quinto lo lima en la parte superior para colocar la cabeza; hacer la cabeza requiere dos o tres operaciones distintas; colocarla es una tarea especial, esmaltar los alfileres es otra; incluso hasta empaquetarlos es por sí mismo un oficio; y así, la producción de un alfiler, esta de esta manera, dividida en unas dieciocho operaciones distintas, que, en algunas fábricas llegan a ser realizadas por distintas manos, aunque en algunas fábricas el mismo hombre a veces realizará dos o tres de ellas" (Smith, 1999, p. 34).

Para la época, la aplicación del concepto de linealidad y del principio de superposición a los sucesos de la economía, la industria y la vida fue un desarrollo avanzado y por tanto fuertemente influyente en la génesis del management científico que hasta hoy induce soluciones y prácticas erróneas por parte de los administradores conduciendo a agudizar los problemas del management.

Esta tesis en consideración a la calidad de los individuos como seres humanos y en la búsqueda de un mejor desempeño empresarial, organizacional e individual, presenta las ciencias de la complejidad como una alternativa apropiada que permite en alguna medida superar estas falencias. Como punto de partida se presenta un análisis resumido del entorno actual de la administración y las implicaciones sobre ella de la cultura organizacional.

1.2 La Administración: Evolución y sus Problemas Conceptuales y Humanos

El origen de la ciencia de la administración o *management* es el resultado de las actividades comerciales e industriales a finales del Siglo XIX y principios del Siglo XX con el objetivo de superar las dificultades en la obtención de la *plusvalía absoluta*, afectada por la promulgación de leyes que determinaron algunas condiciones de respeto al trabajo y al trabajador. Estas leyes impactaron los costos de producción y amenazaban las utilidades. El *management* así concebido aseguraría la obtención de una *plusvalía relativa* que se fundamenta en la entrega a los patronos y directivos de los procesos y el control, antes en manos de los trabajadores de manera que el trabajo queda fuera de la voluntad y el control de los ejecutantes. En sus inicios la ciencia de la administración estuvo subyugada por los conceptos de la ingeniería y la economía. Contribuyeron e influenciaron desde el pensamiento administrativo clásico Adam Smith¹⁵, Charles Babbage¹⁶ y Frederick W. Taylor¹⁷, entre otros. Se impuso la idea mecanicista de Taylor en busca de la eficacia, racionalizando el trabajo en el taller. Esta concepción, por encima de todas las críticas, ha permeado la administración hasta hoy.

Por la misma época, surge la *mano visible de la administración* en cabeza del dirigente y del ejecutivo asalariado, en los trabajos de Henry Fayol¹⁸. Su obra ha sido influyente a nivel universal para la disciplina de la administración. Max Weber¹⁹ es otro autor que aporta a los clásicos de la administración con estudios sobre el “*recorrido y los mecanismos de evolución de las sociedades humanas*”. Se le atribuye el concepto de organización burocrática (Aktouf, 1998).

¹⁵ Su idea fundamental considera un universo económico perfectamente auto-regulado en virtud de la acción de la “*mano invisible*” del mercado (A. Smith, 1999).

¹⁶ Se enfoca en la idea de comprar exactamente la cantidad y calidad de trabajo necesario para realizar una tarea subdividida en fuerza, destreza, habilidad y precisión (Babbage, 1846).

¹⁷ Autor del “Scientific Management” que se dedicó nominalmente a la búsqueda de la paz y armonía entre patronos y trabajadores y a la prosperidad de ambos (Taylor, 1973).

¹⁸ En su obra “Administration Industrielle et Générale” plantea los cinco elementos fundamentales de la administración: Planear, Organizar, Dirigir, Coordinar y Controlar (PODC), (Fayol, 1956).

¹⁹ Su obra es prolífica y difícil de leer. Se concentra sobre tres ejes: filosófico, de las ciencias humanas y sociológico (Weber, 1978).

Nuevos estudios sobre el comportamiento individual y grupal dentro de las organizaciones son dirigidos hacia la interpretación del elemento humano y el mejoramiento de la eficacia y la productividad con investigaciones como las de Elton Mayo (1972)²⁰ a principios del Siglo XX, dando origen al movimiento de las *relaciones humanas*. El propósito de sus investigaciones consiste en la construcción de técnicas de administración de lo social que puedan develar el modo de funcionamiento de la “*máquina humana*”, resultado de la concepción del *homo economicus*²¹ conceptualizado por los empresarios, debido a la cosificación del sujeto humano en razón a que:

“los fines establecidos de la producción y la eficiencia niegan la condición humana. Esto significa que el hombre es considerado como un sujeto que tiene ciertas condiciones físicas y mentales aptas solo para comprender la transmisión de órdenes. No se lo interpreta como un sujeto capaz de utilizar una racionalidad propia para desarrollarse” (Desiato & Guevara, 1998, p. 185).

El hombre máquina no tiene atributos para pensar sino para obedecer órdenes preelaboradas por los administradores. No se concibe el *recurso humano* como *seres humanos en formación*, sino como piezas de recambio reprogramables dentro de una maquinaria complicada (Desiato & Guevara, 1998). Aparece como muy importante para el logro de estos fines *la organización informal* como un resultado de los estudios de Mayo (1972) que finalmente resultan alineados con la idea capitalista. La utilización de diversos mecanismos como la cultura empresarial, la gestión estratégica y por objetivos y la reingeniería aparecieron después como herramientas del management para el logro de los deseos de maximización e inmediatez de utilidades reclamados por los patronos (Aktouf, 2001; Mayo, 1972).

Luego, fueron implementadas diferentes técnicas como el *comportamiento organizacional* que opera como conjuntos de procedimientos para manipular al trabajador, principalmente a través de sus percepciones. Un tiempo después se propugnó el *management de la excelencia* y luego la idea de *la cultura empresarial o corporativa u organizacional*. Las dos últimas perspectivas fueron utilizadas para establecer manipulaciones profundas del trabajador en cuanto sus valores, sus creencias, la imagen de sí mismos y de su identidad (Aktouf, 2001). La cultura organizacional se utilizó para inducir en los empleados la idea de una autonomía práctica que en el fondo estaba dirigida a ampliar el control de gestión mediante la colonización del ámbito afectivo del trabajador (Willmot, 2007).

Estas pretensiones de manipulación y tráfico de subjetividades y valores, desde el punto de vista de la antropología, resultan como ideas inauditas, inaceptables y condenadas al fracaso. Otras alternativas fueron adoptadas para el logro de la plusvalía relativa que Aktouf (2001) denomina *plusvalía relativa por la reducción individual y colectiva del costo del trabajo* materializada en

²⁰ Con sus trabajos se dio origen a las “Ciencias del Comportamiento Organizacional” que proporcionarían a los administradores técnicas para crear y mantener un clima social óptimo para el buen funcionamiento y la productividad de la empresa (Mayo, 1972).

²¹ *Homo economicus* u hombre económico se denomina a un individuo que actúa con racionalidad extrema para maximizar su bienestar, dadas las limitaciones que enfrenta (Rodríguez-Sickert, 2009).

prácticas como la *reingeniería*²² y el *downzising*²³. Se buscó conseguir trabajo a menor costo y maximizar utilidades en el menor tiempo. Para los inicios del Siglo XXI, el management se vale de otra manera de logro de la plusvalía relativa invocando *al ser humano como el capital más precioso*. Se ponen en uso términos como *reconocimiento, cooperación y empowerment*²⁴ tratando de obtener una *plusvalía extra* a través del sobre-trabajo (Aktouf, 2001).

Los vacíos conceptuales y procedimentales sobre la condición del ser humano en la organización por parte de la corriente dominante en el ejercicio de la administración han contribuido en alguna medida a situaciones riesgosas para el éxito empresarial. A partir de la época de la industrialización, el concepto que la administración o management ha tenido del ser humano ha sido fuertemente influenciado por los criterios de la ingeniería, la economía y las finanzas bajo estructuras mentales mecanicistas asociadas a estas disciplinas. En la administración tradicional los aspectos humanos han sido relegados a un segundo plano. Así las cosas, el mundo real concreto de lo viviente se encuentra en contradicción con el mundo de la administración. La corriente dominante de la administración observa de soslayo, con reservas, desconfianza y temor la imprevisión, la espontaneidad y todo lo que pueda emerger de cualquier movimiento social. La administración se manifiesta esencialmente como una experiencia social que mediante la interacción de personas dentro de un ámbito organizado opera en búsqueda constante de una mayor efectividad en el desempeño de las empresas, basada principalmente en indicadores cuantitativos y otras exigencias de tipo social (Chanlat, 2002).

Sin embargo, es claro que la administración debe encarar los graves problemas mundiales de miseria, exclusión, desempleo, etc., que hoy aquejan a la humanidad. Esta situación implica una visión ampliada que permita integrar a la disciplina los aspectos concernientes a los seres humanos y la incorporación de los avances logrados por las ciencias sociales en esta materia. A este respecto se vislumbran alternativas como la *antropología de las organizaciones* que busca superar la fragmentación del conocimiento en un enfoque a-disciplinario (Chanlat, 2002). Esta antropología se fundamenta en la multidisciplinariedad y en la recuperación para las ciencias de la administración de los asuntos humanos que han sido desplazados de la teoría y la práctica. La apertura disciplinaria propuesta conducirá “*a evitar conclusiones apresuradas, al mismo tiempo que se restituye la complejidad de los fenómenos observados*” (Chanlat, 2002, p. 66) eliminando las fronteras disciplinares y propiciando la hibridación del conocimiento. Dichas hibridaciones proporcionan visiones diferentes e *innovaciones en los márgenes*. Corresponden a un reflejo de la teoría de las estructuras disipativas propugnadas por Prigogine (1988) que indican que las novedades estructurales se dan en la periferia y en los sistemas operando lejos del equilibrio, en el

²² Cambio y reestructuración a fondo de los proceso de negocio buscando el cambio radical, la recuperación y la revitalización (Fitzgerald & Murphy, 1996).

²³ Alternativa estratégica de reducción del tamaño y costos de una organización buscando ajustar las condiciones competitivas de una unidad de negocio (Bravo & de Egaña, 2017).

²⁴ Proceso estratégico de delegación de poder y autonomía a los subordinados en una organización, para actuar por sí mismos y propiciar la iniciativa de los demás (Ríos Manríquez, Téllez Ramírez, & Ferrer Guerra, 2010).

*filo del caos*²⁵, donde emerge la complejidad (Prigogine, 1988).

Roca (2001) desde el marco de la *antropología de la organización ampliada o empresarial* resalta la cultura organizacional o cultura de la empresa o cultura corporativa como uno de los conceptos más usados en la literatura managerial. Este constructo es medular a las tendencias actuales del management o administración. Ha sido muy estudiado desde los años 70 y es parte de los temas centrales de esta investigación. El concepto de cultura organizacional surge como “*un intento por comprender como el medio organizacional interno puede ser conceptualizado, valorado y sobre todo controlado*” (Roca, 2001, p. 82). La cultura organizacional es concebida como un fenómeno homogéneo completamente describible en función de unos elementos principales. La crítica a estas posturas asume fundamentalmente que la cultura organizacional es “*un fenómeno complejo, confuso e impredecible que no puede ser desligado de su contexto y mucho menos controlado con facilidad*” (Roca, 2001, p. 84). Estas apreciaciones están alineadas con el concepto de la cultura organizacional como un sistema complejo adaptativo (CAS), criterio que sirve de fundamento a este trabajo. La conceptualización del fenómeno ha trasegado a través de múltiples criterios, configuraciones y dimensionalidades, coincidentes en algunos momentos y antagónicos en otros.

Como aporte a la administración desde el punto de vista antropológico, Giovannini & Rosansky (1991) han considerado a la cultura como un conjunto de componentes que integran un *sistema adaptativo consistente* apropiado para el tratamiento de los comportamientos y creencias de los grupos sociales al interior de una organización compleja (Giovannini & Rosansky, 1991), también apoyando los criterios de esta investigación. La cultura organizacional es heterogénea y dinámica, está lejos de ser un fenómeno monolítico, está compuesta por diversas mini-culturas intervinculadas, asociadas y en plena interacción, en acuerdo o en conflicto. La propuesta de la antropología de empresa para las ciencias de la administración exige la consideración de *la complejidad cultural de la organización*, implicando el consenso y el conflicto, lo cultural homogéneo y lo diverso (Roca, 2001). Para la administración interpretada como un terreno fragmentado, diverso y dividido (Déry, 2004) la antropología organizacional, empresarial o ampliada propuesta por Roca, Chanlat y otros resulta pertinente en el contexto globalizado actual donde la administración en su búsqueda incesante de eficacia se encuentra enfrentada al “*obstáculo*” de la cultura organizacional.

Se debe reconocer que los problemas de la administración en el mundo globalizado de hoy se deben en alguna medida a la aplicación de los preceptos de las ciencias humanas contaminados por el imperativo de la eficacia. El desconocimiento del hombre como un ser humano impredecible y complejo ha propiciado para la administración de las organizaciones la adopción de una *lógica técnica* que considera al ser humano como “*un ser abstracto, un ser económico, un individuo sin*

²⁵ En esta tesis el término caos no se refiere a lo impredecible, al sentido bíblico de confusión, desorden e ignorancia (Bibliatodo, 2018), sino, al comportamiento de sistemas complejos dinámicos muy sensibles a las condiciones iniciales. Pequeñas variaciones en las condiciones iniciales pueden generar grandes diferencias en el comportamiento futuro (Lorentz, 1972).

afectos, sin historia, sin cultura” (Chanlat, 2002, p. 50). La lógica técnica considera al mundo humano como un grupo de procesos objetivables y manipulables que son independientes del individuo y que se pueden medir a través de técnicas matemáticas.

Los problemas humanos de la administración van ligados a otros que Maldonado (2012) critica directamente, ya que a pesar de la innegable complejización del mundo, la administración como el locus del trabajo con las organizaciones ha dejado de lado el estudio de la complejidad de estas y continúa con sus modelos mecanicistas y lineales, dedicada a cuestiones como la estrategia, el liderazgo, el mercado, y otros. A este respecto incisivamente sostiene que:

“entre los causantes de los males, crisis y problemas estructurales que enfrentamos hoy encontramos, sin duda alguna: la administración científica, los modelos económicos y financieros neoliberales, la forma de vida fundada en el hiperconsumo, las políticas públicas tal y como las conocemos, en fin, los indicadores dominantes, tales como PIB, crecimiento económico, ingreso per cápita, fidelización del cliente y demás “(Maldonado, 2012c, p. 3).

En este sendero, la corriente principal de la administración se ha convertido en un *recetario heterogéneo* acogiendo hasta literatura de autoayuda lo cual implica la simplificación o el desconocimiento de la complejidad. Ante la complejidad del mundo las ideas de equilibrio, orden cerrado y acción local se perfilan como totalmente inadecuadas al igual que *la maximización, la causalidad y el control rígido jerárquico y centralizado*. En concreto, la administración ignora de plano la complejidad innata estructural y dinámica de las organizaciones humanas y la desecha en vez de aprovecharla, en beneficio de las visiones mecanicistas, lineales y atemporales del paradigma newtoniano. Una apertura mental que acoja los postulados del nuevo paradigma de la complejidad daría paso a una visión ampliada de la realidad de las organizaciones hacia una dirección o administración o gerencia o management complejo que no tiene nada que ver con el trabajo de la planeación estratégica o a largo plazo, ni con el liderazgo tradicional (Maldonado, 2012c).

La cultura organizacional, fenómeno colectivo objeto de estudio de esta tesis, que influencia el comportamiento de los individuos y los grupos dentro de la organización se ha venido estudiando bajo la concepción de la *lógica técnica* empleando metodologías cualitativas y cuantitativas con el fin de obtener diagnósticos de las variables que intervienen en el fenómeno y poder actuar para cambiarlo en beneficio de la productividad empresarial. Esta forma de concepción ignora las características de complejidad de la cultura organizacional convirtiendo su estudio en algo simple y superficial que la considera como una variable dependiente que puede aislarse, medirse, manipularse y expresarse en factores y componentes (Aktouf, 2002). Las posturas anteriores generan un problema de impacto para la administración y las organizaciones específicamente en la concepción y tratamiento lineal y predecible del fenómeno de la cultura organizacional.

En esta Tesis se busca estudiar y presentar nuevas formas de estudio del fenómeno cultural en las organizaciones fundadas en las ciencias de la complejidad, alternativas a los modelos de administración basados en los preceptos del paradigma newtoniano. Con la utilización de ciencias de punta y sus dispositivos se busca recuperar la visión del ser humano desposeído de su condición

como tal y degradado a la máquina humana. El modelamiento y simulación de grupos humanos que se propone permite la interpretación del ser humano en las organizaciones sin despojarlo de su esencialidad que es vista como irracionalidad por el management actual.

1.2.1 La importancia de la cultura organizacional. Como se ha evidenciado, la cultura organizacional es un fenómeno colectivo que tiene un amplio espectro de impacto sobre la vida organizacional y empresarial en términos generales. El énfasis en la importancia de la cultura organizacional no es reciente (Clark, 2002). Incide sobre factores organizacionales como la gestión del conocimiento (A. Gold, 2001; Nonaka & Takeuchi, 1995; De Long & Liam Fahey, 2000; Holowetzki, 2002; Viriyakul, 2011), el aprendizaje organizacional (Mazutis & Slawinski, 2008; Schein, 2004a), la innovación (March-Chorda & Moser, 2010; Baldwin, 1995; Julve J., Planagumà L., & Trayter J., 2009; Ahmed, Sheperd, Ramos Garza, & Ramos Garza, 2012; Poškiene, 2006) o la difusión de nuevas tecnologías (Cabrera, Cabrera, & Barajas, 1999) que son factores indispensables para alcanzar las metas organizacionales. La cultura organizacional también puede convertirse en una fuente de ventaja competitiva sostenida (Barney, 1986) o en un factor que estimula u obstruye la creatividad (Abridah, 2012) y la innovación (Kenny & Reedy, 2006). Los dominios de la estrategia, la estructura y las operaciones son indirectamente afectados por la cultura organizacional (Dauber, Fink, & Yolles, 2010). Se ha investigado sobre el soporte que puede brindar la cultura organizacional para el logro de una cultura de seguridad (Clark, 2002; Choudhry, Fang, & Mohamed, 2007). También como la cultura organizacional impacta la implementación de programas de aseguramiento de la calidad (Millington & Schultz, 2009).

En razón a la relevancia de la cultura organizacional para el éxito organizacional, su estudio a nivel mundial en la educación superior y las universidades ha sido prolífico y cubre diversos aspectos (Poskiene, 2002; Folch & Rodríguez Gómez, 2009; Kezar & Eckel, 2002; Tierney, 1988; Ng'ang'a & Nyongesa, 2012; Beytekin, Yalcinkaya, Dogan, & Karacoc, 2010; Smart & St. John, 1996; Masland, 1985; Fralinger & Olson, 2007; Ehtesham, Muhammad, & Muhammad, 2011; Salonda, 2008; Yom, & Ruggiero, 2011).

Se han realizado múltiples estudios a nivel mundial sobre diferentes aspectos empresariales que involucran la cultura organizacional. A pesar de esta profusión y de su frecuente invocación por parte de la literatura organizacional y managerial el concepto aún se muestra elusivo (Duncan, 1989). Diversos trabajos se han enfocado específicamente sobre la cultura organizacional en el ámbito universitario en general desarrollados sobre las metodologías clásicas cualitativas y cuantitativas o mezclando estas, tratando de brindar mayor objetividad a los estudios. Esta tesis doctoral está direccionada al estudio de la cultura organizacional orientada a la investigación utilizando los conceptos y los dispositivos de las ciencias de la complejidad. Esto hace una gran diferencia respecto a la generalidad de los estudios realizados a través de las metodologías clásicas mencionadas.

1.2.2 La cultura organizacional en las universidades. En diversos trabajos se han comparado dos modelos de análisis de la cultura organizacional, uno de la universidad como un todo y el otro sobre la cultura de un departamento universitario (Folch & Ion, 2008). Se han realizado contrastaciones del efecto de las culturas nacionales sobre las culturas organizacionales entre universidades de diferentes países (Zipoli, 2012). Se ha estudiado el efecto de la cultura sobre las estrategias de cambio en la universidad (Kezar & Eckel, 2002). Se han propuesto modelos de análisis desde la perspectiva de estudios de caso (Folch & Rodríguez Gómez, 2009; Bailey, 2011). Se ha estudiado la satisfacción en el trabajo como función de la cultura universitaria (Salonda, 2008; St. Mary University College, 2012).

Otros estudios emplean metodologías cuantitativas: se han realizado investigaciones descriptivas utilizando el Organizational Culture Assessment Instrument (OCAI) para describir la cultura de universidades en Turquía (Beytekin et al., 2010; Niraula, Kusayanagi, & Shima, 2012). También se han realizado estudios de seguimiento a la cultura organizacional universitaria (Fralinger & Olson, 2007; Smart & St. John, 1996; Escalante Gómez, 2009). Se ha evaluado la relación entre la cultura y el desempeño organizacional en la universidad (Wilkins & Ouchi, 1983; Ehtesham et al., 2011; Ng'ang'a & Nyongesa, 2012). Se ha examinado el efecto de la cultura organizacional sobre la efectividad organizacional (Cameron, 1978; Mayowa, 2006). Se ha examinado la contribución de la cultura de la organización a la efectividad de los programas de postgrado (Subasinghe & Wickramasinghe, 2010).

En esta tesis doctoral la cultura organizacional es interpretada como un fenómeno que emerge y evoluciona como resultado de las interacciones de los individuos actuando dentro de la estructura de una organización desde la postura de las ciencias de la complejidad, a diferencia de la gran mayoría de los estudios mencionados los cuales han utilizado las metodologías clásicas.

1.2.3 La cultura organizacional en Colombia. Se puede afirmar que la investigación científica en la cultura organizacional en Colombia es limitada (Ruiz & Naranjo, 2012). En la universidad pública colombiana la cultura organizacional se ha tomado por algo que simplemente está allí, sin otorgarle la importancia que posee en consideración a su impacto sobre los múltiples factores que inciden en el devenir de estas instituciones. Los métodos utilizados para el estudio de la cultura organizacional en Colombia se basan en las teorías y metodologías clásicas adaptadas al contexto empresarial (Méndez, 2006; Gálvez Albarracín & García Pérez de Lema, 2011; Pérez Uribe, 2007; Gómez Rada, 2004; Gómez Rada, 2001; Grueso Hinestroza, 2009). Además, son relativamente pocos los trabajos que se dedican al estudio de la cultura organizacional en las universidades colombianas (Bernal Giraldo, Torres Garzón, & Noriega Serrano, 2011). La investigación sobre la cultura organizacional en la universidad pública colombiana resulta tenue, por decir lo menos.

1.2.4 La complejidad de la cultura organizacional. Como una consecuencia de la postura de esta investigación se debe anticipar que la cultura organizacional como fenómeno social es un

sistema complejo²⁶ construido por el hombre a través de las interrelaciones, interacciones e influencias entre los seres humanos en una organización y entre estos y el entorno (Seel, 2000).

La cultura organizacional *emerge* como patrones de comportamiento colectivo en el macro-nivel, producto de las micro-interacciones entre los individuos interactuando en el micro-nivel (*bottom-up*). La emergencia se entiende como una propiedad de la totalidad que no puede ser reducida ni explicada a través del comportamiento de sus partes debido a la no linealidad de las interacciones entre ellas (Gabora, 2001).

En el macro-nivel el comportamiento grupal de los individuos puede ser aceptado como una cultura organizacional. A pesar de algunas analogías con la evolución biológica, existen diferencias de fondo, la cultura es una nueva forma de evolución que se manifiesta cuando un individuo entra en contacto con otro (Gabora, 2001). La cultura también es un sistema abierto que *evoluciona* cuando otras nuevas y más dominantes creencias son aceptadas y activan dispositivos de *adaptación* a las influencias del entorno (Morris, Ross, & Uliuru, 2011). Estas propiedades de la cultura organizacional la describen como un *sistema complejo adaptativo* motivo por el cual puede explicarse más apropiadamente desde las ciencias de la complejidad, que a partir de los estudios que utilizan las metodologías clásicas.

Es claro que el estudio de la cultura organizacional basado en las perspectivas clásicas desde posturas funcionalistas positivas presenta vacíos que dificultan la comprensión de la emergencia y evolución cultural en las organizaciones. La mayoría de los modelos y marcos de referencia para el estudio del fenómeno se enfocan desde una visión mecanicista de las dinámicas organizacionales (Seel, 2000). Esta postura es simplista y reduccionista e incapaz de tomar en cuenta la característica compleja de las organizaciones evadiendo la impredecibilidad e incertidumbre inherentes a ellas (Plsek & Greenhalgh, 2001; Stacey, 1991).

Los trabajos basados en las metodologías clásicas despliegan una visión estática de la cultura organizacional que proporciona paisajes instantáneos en puntos singulares en el tiempo sobre las características y rasgos culturales de la organización. Estas instantáneas de la organización pueden conducir a visiones sesgadas o incompletas de la cultura organizacional. A través de las metodologías de investigación cuantitativas y cualitativas no se examina la emergencia ni la evolución de la cultura organizacional (Zheng, Qu, & Yang, 2009) ni cómo opera el mecanismo que activa estos procesos (Rodrigues, 2006).

La literatura centrada en la visión dinámica de la cultura organizacional se ha realizado con desconexión entre las visiones micro y macro de la cultura organizacional. La visión micro explora los componentes de la cultura organizacional y sus interacciones (Hatch, 1993). La visión macro estudia como las necesidades organizacionales influyen la cultura organizacional (Schein, 2004b; Weeks & Galunic, 2003). Algunos investigadores confirman que existe un significativo

²⁶ Los términos complejidad y complejo se utilizan en esta Tesis Doctoral como referidos a las Ciencias o Paradigma de la Complejidad entendidos como ciencias. En ningún caso se emplean como adjetivos o adverbios.

vacío en la literatura entre las visiones micro y macro de la cultura organizacional (Zheng et al., 2009).

En consideración a los argumentos expuestos soportados por los criterios de los autores citados, puede inferirse que las posturas clásicas resultan al menos no completamente suficientes para proporcionar una explicación adecuada de las dinámicas complejas de la cultura organizacional ya que desconocen los principios que influyen el comportamiento de los individuos y la emergencia de los comportamientos colectivos. Sus metodologías utilizan técnicas y/o modelos que no se corresponden con la complejidad de la cultura organizacional en sus diferentes matices, por lo que posiblemente no se evidenciarán los rasgos ocultos de ella.

Por otra parte, diversos autores han evidenciado la debilidad que presentan los marcos referenciales existentes para el estudio de la cultura organizacional (Plsek & Greenhalgh, 2001) y, propugnan por la construcción de un nuevo marco de referencia conceptual que permita entender y evaluar la cultura organizacional fundamentado en una visión más robusta de las dinámicas organizacionales (Yelland, 2012; Rouse, 2008; Seel, 2000; Carlson School of Management, 2003).

Entonces, es claro que la cultura organizacional es un factor clave para el éxito empresarial y que las metodologías y métodos clásicos utilizados para su interpretación y explicación pueden quedarse cortos en el mundo interconectado y cambiante de hoy. Por tanto, la propuesta del estudio de la cultura organizacional como fenómeno dinámico complejo adaptativo con un impacto notable en las diferentes áreas que determinan el comportamiento organizacional y por ende la efectividad empresarial que se propone en esta tesis pretende incentivar la utilización de nuevos conocimientos, teorías y dispositivos provenientes de los avances en las ciencias naturales y exactas para su interpretación y explicación. Obviamente, estas nuevas herramientas también son aplicables a otros fenómenos sociales que suceden en las organizaciones como el liderazgo, el poder, la innovación, la gestión del conocimiento y el aprendizaje organizacional, entre otros. Se espera como resultado de esta investigación un aporte sustancial a la teoría y a la práctica de gestión en las organizaciones.

La cultura organizacional es un fenómeno que co-evoluciona con la evolución humana. Los procesos de emergencia y evolución de la cultura organizacional requieren la concepción y construcción de modelos fundamentados en un contexto interdisciplinar/transdisciplinar integrando teorías del campo de la cultura organizacional y teorías de la complejidad con la utilización de dispositivos capaces de representar poblaciones de individuos que son adaptativos, más que perfectamente racionales. Las ciencias de la complejidad adoptan el modelamiento y simulación basado en agentes (ABMS) como la alternativa apropiada para la descripción, interpretación y explicación de los fenómenos sociales. Los enfoques del modelamiento basado en agentes son aplicables a situaciones donde nuestro grado de entendimiento no posibilita la especificación formal de las relaciones entre variables (Funderburk, 2004).

El modelamiento y la simulación irrumpe como una tercera forma de hacer ciencia (Axelrod, 2005; North & Macal, 2007) que resulta significativa para complementar y mejorar los enfoques

tradicionales, más que para suplantarlos (Achorn, 2005). Es una técnica poderosa para el tratamiento de los sistemas dinámicos complejos y de la interpretación y observación de sus comportamientos emergentes a través de simulaciones computarizadas (Allan, 2010). El modelamiento y la simulación basada en agentes (ABMS) permite articular modelos de:

“sociedades artificiales que pueden usarse para investigar, no solo nuestra sociedad presente, sino también mundos sociales posibles. Esta puede ser una forma de desarrollar teorías sociales que se apliquen generalizadamente” (Gilbert & Troist, 2006, p. 27).

Los modelos en agentes se utilizan para el estudio de fenómenos sociales humanos como la migración, la propagación de enfermedades, la transmisión de la cultura, etc. Mediante el enfoque computacional se logra integrar las diversas esferas de la actividad humana desde una postura evolutiva como una única ciencia social transdisciplinar que subsume diferentes campos (Epstein & Axtell, 1996). Los modelos ABMS son laboratorios en donde se pueden alterar los atributos, el comportamiento de los agentes y el entorno donde ellos están ubicados, para observar las repercusiones en el curso de múltiples corridas de simulación (Crooks, Castle, & Batty, 2008). La propiedad generativa del ABMS posibilita alcanzar el comportamiento global a partir de los comportamientos individuales operando en un ambiente dinámico. De esta manera se salvan las insuficiencias de la modelación clásica y el problema de la desconexión micro-macro.

1.2.5 La conveniencia de estudiar la cultura organizacional en las universidades. Existen razones de peso en cuanto a la conveniencia del estudio de la cultura organizacional en sus diferentes orientaciones en una institución de educación superior: 1) el estudio de la cultura organizacional puede evidenciar los elementos conflictivos del fenómeno; 2) puede proporcionar entendimientos sobre las modificaciones curriculares y la resistencia a sus cambios; 3) puede constituirse en un elemento consensuado de control y; 4) influencia la vida universitaria (Masland, 1985). Estas consideraciones básicas evidencian el papel relevante de la cultura organizacional como un factor estratégico para la obtención de ventaja competitiva y otras características que aportan a un mejor desempeño institucional (Iivari & Huisman, 2007; Beugelsdijk, Koen, & Noorderhaven, 2004). El estudio de la cultura organizacional en las universidades permite determinar qué tipo de cultura representan e imaginar como debiera ser esta cultura en el futuro (Folch & Rodríguez Gómez, 2009).

Es de resaltar que no se encuentran en la literatura trabajos sobre cultura organizacional fundamentados en las ciencias de la complejidad en la universidad pública en Colombia, ni en sus principios o ciencias asociadas, tampoco trabajos basados en la Administración Experimental²⁷. Maldonado (2003) conjetura que en Colombia el trabajo sobre las ciencias de la complejidad no es aún “*un hecho de amplio reconocimiento dentro de la comunidad académica y científica*”, y

²⁷ Experimental en el sentido que permite observar, calcular, modelar, simular, visualizar, manipular y explicar fenómenos. En esta Tesis, sobre el campo del management y las organizaciones.

que se trabaja con ciencia normal, esencialmente debido a razones políticas.

Para Maldonado, el máximo alcanzado es la aceptación de la importancia de la perspectiva sistémica (Maldonado, 2003). Esta investigación busca alcanzar un mejor entendimiento, interpretación y explicación de los procesos de emergencia y evolución de la cultura organizacional en una Escuela de la universidad pública colombiana. La investigación se aborda desde la perspectiva de las ciencias de la complejidad visionando la cultura organizacional como un fenómeno social que posee las características de un sistema complejo adaptativo ²⁸.

1.3 Justificación

En la práctica del management contemporáneo existen múltiples vacíos teóricos y prácticos que dificultan la labor exitosa de los directivos y en general de quienes toman las decisiones y son responsables del buen desempeño de las empresas y demás formas organizacionales humanas. Algunos han sido heredados de la génesis de las ciencias de la administración, pero a pesar de los resultados de variados estudios sobre la naturaleza del ser humano todavía son de aplicación por muchos administradores. Estas insuficiencias han generado múltiples escollos para la administración que adopta los principios de Smith, Babbage, Taylor, Fayol, etc., y que se pueden atribuir en alguna medida a la adopción del mecanicismo newtoniano y del criterio reduccionista de Descartes aplicados al ser humano que permiten definirlo como un conjunto de partes predecibles en interacción, en donde se pueden separar alma y cuerpo hasta modelizarlo como un *homo economicus*. Combinados estos factores el individuo es solo un factor más de producción que se convierte en la *máquina humana* (Desiato & Guevara, 1998). De lado se han dejado su autoconsciencia²⁹ y sus características esenciales³⁰, que lo hacen *el sistema más complejo de las formas de vida en el universo conocido* (Fromm, 2004).

La corriente dominante de la administración utiliza para su accionar instrumentos de investigación cualitativa tratando de alcanzar profundidad en la interpretación de sus estudios sin la intención de la generalización, como también investigación cuantitativa que opera con base en datos agregados y establece *individuos tipo*. Se debe resaltar la instantaneidad de los estudios actuales que aportan cuadros estáticos de las situaciones bajo estudio. A partir de estas metodologías se utilizan técnicas de regresión lineal, interpolación y extrapolación tratando de lograr pronósticos. Estas metodologías clásicas adolecen de poder explicativo para la conexión micro-macro de los fenómenos sociales, por ejemplo. Así, las dinámicas humanas y por tanto las sociales, empresariales y organizacionales se ignoran en la búsqueda de soluciones con cierto ingrediente mágico basadas en la predicción y el control, los males supremos de la administración actual. Pero, claro está, la existencia innegable de la complejidad del ser humano y sus efectos

²⁸ CAS es la abreviatura en inglés de Complex Adaptive System. Se utiliza indistintamente como equivalente en esta Tesis la abreviatura SCA en español Sistema Complejo Adaptativo.

²⁹ La conciencia humana es única entre los seres vivos, y hasta donde se conoce se entiende única en el universo (Fromm, 2004).

³⁰ Entre estas: sus sentimientos, sus emociones, su voluntad, su espiritualidad, sus temores, su intencionalidad, etc.

sobre la marcha de las organizaciones y de la evolución de los fenómenos sociales como la cultura organizacional en sus diferentes matices (la innovación, la seguridad, la calidad, la investigación, etc.), impiden que esas ilusiones fructifiquen con resultados satisfactorios.

En fin, puede inferirse que las posturas clásicas resultan al menos no completamente idóneas para proporcionar una explicación adecuada de las dinámicas complejas de los fenómenos sociales, incluida entre estos para el caso de esta tesis, la cultura organizacional orientada a la investigación ya que desconocen los principios que influyen el comportamiento de los individuos y los mecanismos que subyacen la emergencia de los comportamientos colectivos. El desconocimiento manifiesto del managerialismo actual sobre la consideración de la parte humana en las organizaciones puede mejorarse si se logra reflexionar sobre la condición compleja del individuo en las organizaciones. De hecho, esto conducirá a integrar al acervo teórico y práctico del managerialismo los principios de la complejidad del mundo que nos rodea con una nueva visión del significado de la complejidad no adjetiva o adverbial, sino desde las ciencias de la complejidad. (Maldonado, 2001; Maldonado & Gómez C., 2011).

La utilización de los conceptos de las ciencias de la complejidad permite desentrañar las dinámicas y conexiones de las interacciones entre los niveles micro y macro de los fenómenos sociales en general. Las ciencias de la complejidad proveen conceptos que posibilitan la superación de los vacíos mencionados anteriormente como emergencia, no linealidad, no-equilibrio, autoorganización y coevolución que han alcanzado la connotación de herramientas efectivas para el estudio de las organizaciones y de la diversidad y que modifican las perspectivas y los supuestos que subyacen al management tradicional y a la teoría de sistemas (Mitleton-Kelly, 2003b). A decir de Mitleton-Kelly (2003), *“estas ideas resuenan con la lógica de la complejidad”*. En esencia se busca establecer las relaciones y condiciones necesarias entre las ciencias de la complejidad y las ciencias administrativas, que permitan obtener una apreciación de las últimas desde sus orígenes hasta nuestros días, percibir sus dificultades y retos con base en las necesarias perspectivas de cambio y difundir los nuevos conocimientos de las primeras de manera que se puedan acometer las acciones apropiadas para enfrentar los nuevos desafíos. Esto se corresponde con la justificación teórica de la investigación.

Como justificación metodológica de la investigación, es pertinente precisar que los procesos y fenómenos sociales y organizacionales como objetos de la investigación de las ciencias administrativas contienen elementos dinámicos de complejidad creciente que no se pueden encarar apropiadamente solo con las herramientas y métodos clásicos y por tanto se requieren esfuerzos para la apropiación de las teorías de frontera y los dispositivos tecnológicos de punta que entreguen resultados aprovechables ante los esfuerzos de las organizaciones en busca de cambios en condiciones favorables.

1.4 El Alcance de la Investigación

La dificultad para el entendimiento y explicación de los fenómenos asociados al comportamiento de los individuos en las sociedades, las empresas y las organizaciones es un

inconveniente de amplio rango influenciado simultáneamente por la cultura en sus diferentes niveles que inician en las culturas supranacionales desplazándose hacia las culturas nacionales, las culturas profesionales (Davies, Nutley, & Mannion, 2000), las culturas organizacionales, las culturas de grupo hasta arribar a la cultura individual. Están relacionados jerárquica y lateralmente (Karahanna, Evaristo, & Srite, 2005). El nivel individual no representa otra capa de la cultura, es la cultura de un individuo que proviene de los efectos de los otros niveles.

Es claro que cualquier investigación sobre cultura necesita identificar el nivel al cual será estudiada (Jung et al., 2009). Los estudios abordando la integración de los diferentes niveles son escasos (Karahanna et al., 2005). Las anteriores consideraciones reafirman la idea de una cultura compleja independientemente del nivel de análisis y específicamente para la educación superior, el gran contexto de este estudio en donde *“las influencias pueden ocurrir a muchos niveles, dentro de los departamentos y la institución, como también en el sistema (universitario) y a nivel del estado”* (Tierney, 1988, p. 5).

Pero, la cultura organizacional debido a su importancia para la vida organizacional engloba una serie de aspectos que moldean el comportamiento de las personas hacia orientaciones específicas como la investigación, la calidad, la innovación, la gestión del conocimiento, la gestión del capital intelectual, la seguridad, etc., aspectos que a su vez se transfieren a la cultura de los grupos. Esta investigación se circunscribe al estudio y explicación de la cultura orientada a la investigación en un grupo, una Escuela de la universidad pública.

1.5 Las Preguntas de la investigación

1.5.1 Principal. ¿Cómo emerge y evoluciona la cultura organizacional orientada a la investigación en una unidad tipo Escuela de la universidad pública desde la perspectiva de la complejidad?

1.5.2 Secundarias. ¿Cómo el modelamiento y la simulación desde la perspectiva de la complejidad aportan a la detección de la emergencia de patrones de comportamiento y estados organizacionales en una cultura orientada a la investigación?

¿Cómo el modelamiento y la simulación pueden aplicarse para la estructuración de políticas administrativas en una cultura de la investigación bajo el enfoque de la complejidad?

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General. Formular, modelar y simular un modelo generativo de la cultura de la investigación en una Escuela de la universidad pública basado en sistemas multiagente.

1.6.2 Objetivos Específicos. i. Diseñar un sistema de modelamiento y simulación de la cultura de la investigación en una Escuela de la universidad pública que desde la perspectiva de la complejidad permita detectar la emergencia y evolución de los patrones de comportamiento y de los estados del sistema para diferentes escenarios de interés.

ii. Demostrar cómo partir de los resultados del modelamiento y la simulación de una cultura orientada a la investigación emergen ideas, desde el punto de vista de la complejidad, aplicables a la gestión de las organizaciones.

Para el estudio de la cultura esta tesis se fundamenta en las ciencias de la complejidad donde la evolución crea sus propias posibilidades sin la participación de la selección natural, logrando nuevas opciones en un espacio de posibilidades llamado lo *posible adyacente*³¹. A decir de Kauffman (2014), la economía y la cultura exhiben características de evolución similares a las de la vida (Kauffman, 2014). Se busca localizar el fenómeno de la cultura organizacional en un panorama de complejidad creciente, de esta manera se le sitúa por fuera de los enfoques tradicionales de corte newtoniano, determinista y reduccionista lo que permite hablar de posibles comportamientos influenciados por una cultura organizacional compleja orientada a la investigación. Para registrar y visualizar su comportamiento se estructura e implementa y simula un modelo generativo del fenómeno orientado a la investigación en una Escuela de la universidad pública representado por una sociedad artificial, mediante el cual se explica el sistema a través de múltiples corridas de simulación e interpretaciones de un modelo computacional elaborado en redes (ARS) y sistemas multiagente (MAS).

La cultura organizacional en sus diferentes facetas desde la perspectiva de la complejidad permite interpretar y explicar las características del fenómeno complejo de una manera más amplia que los diferentes trabajos previos que han empleado metodologías cualitativas y cuantitativas o triangulación. Esta perspectiva no ha sido el enfoque típico de la investigación en cultura organizacional, es en una visión novedosa que supera el posible agotamiento de los métodos clásicos para explicar la emergencia y evolución en el tiempo de los fenómenos sociales.

³¹ Se interpreta como el conjunto de posibilidades intermedias y específicas disponibles para un sistema evolutivo en algún momento particular de su duración (Kauffman, 2003). El concepto de lo posible adyacente indica que el futuro se construye por parte de los agentes autónomos, a través de la exploración permanente del espacio de posibilidades de un sistema, posibilitando una expansión mayor hacia lo posible adyacente y produciendo una perpetua novedad. Lo posible adyacente plantea que en el mundo pueden producirse en algún instante cambios extraordinarios, pero solo pueden darse ciertos cambios (Johnson, 2011).

Capítulo 2. Marco Teórico y Conceptual

2.1 Revisión de la Literatura y Estado del Arte

2.1.1 Sobre la cultura social y la cultura organizacional. Desde la literatura revisada se percibe que no existe un acuerdo pleno sobre los significados de los términos cultura social y cultura organizacional por lo que existen múltiples referentes que hacen alusión al tema (Kroeber & Kluckhohn, 1952). Entre los autores seminales en el tema cultural se puede mencionar a Allaire y Firsirotu (1984) con su tipología de los conceptos sistémicos y escuelas de cultura, y su caracterización de la cultura organizacional (Allaire & Firsirotu, 1984). También a Schein (2004), uno de los autores más connotados en la investigación sobre temas culturales, (Schein, 2004b). Los planteamientos de Allaire y Firsirotu (1984), Schein (2004), Durkheim (1998) y otros autores referidos en el texto han servido como soportes argumentales para esta tesis cuando se interpretan desde la perspectiva de la complejidad. Un resumen de esta literatura se encuentra en la Tabla 1 y una parte en la Tabla 2.

2.1.2 La literatura sobre las ciencias de la complejidad. La literatura pertinente a los temas de las ciencias de la complejidad revisada en esta tesis es extensa. Una síntesis de la literatura revisada agrupada en grupos temáticos se presenta en la Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4.

Tabla 1 Literatura sobre Cultura y Cultura Organizacional

TEMA	APORTE	REFERENCIAS
Cultura y Cultura organizacional	Definiciones y fundamentos teóricos	Allaire & Firsirotu (1984); Schein (2004b); Hofstede (2001); Lehman, Chiu, & Schaller (2004); Geertz (1993); Gessler (2004); Smircich (1983)
Los problemas de la administración	Humanos y conceptuales	Mayo (1972); Aktouf, (1998); Desiato & Guevara (1998); Willmot (2007); Chanlat (2002); Roca (2001); Giovannini, M. & Rosansky (1991); Maldonado (2012)
La importancia de la cultura organizacional	El impacto sobre diferentes aspectos. Gestión del conocimiento, el aprendizaje organizacional, la innovación, la seguridad, la calidad, etc.	Clark (2002); Gold, Malhotra, & Segars (2001); Nonaka & Takeuchi (1995); De Long & Liam Fahey (2000); Holowetzki (2002); Viriyakul (2011) (Mazutis & Slawinski (2008); Schein (2004a); March-Chorda & Moser (2010); Baldwin (1995); Julve J. et al. (2009); Ahmed et al. (2012); Poškiene (2006); Cabrera et al., (1999); Barney (1986); Abridah (2012); Kenny & Reedy (2006); Dauber et al. (2010); Clark (2002); Choudhry et al. (2007); Millington & Schultz (2009).
La cultura organizacional en las universidades y en Colombia	Los diferentes modelos de la cultura organizacional en las universidades. Estudios sobre sus efectos sobre efectividad organizacional de los programas académicos otros. El estado de los estudios sobre cultura organizacional en Colombia	Poskiene (2002); Folch & Rodríguez Gómez (2009); Kezar & Eckel (2002); Tierney (1988); Ng'ang'a & Nyongesa (2012); Beytekin et al. (2010); Smart & St. John (1996); Masland (1985); Fralinger & Olson (2007); Ehtesham et al. (2011); Salonda (2008); An et al. (2011); Folch & Ion (2008); Zipoli (2012); Kezar & Eckel (2002); Folch & Rodríguez Gómez (2009); Bailey (2011); Salonda (2008); St. Mary University College (2012); Beytekin et al. (2010); Niraula et al. (2012); Fralinger & Olson (2007); Smart & St. John (1996); Escalante Gómez (2009); Wilkins & Ouchi (1983); Ehtesham et al. (2011); Ng'ang'a & Nyongesa (2012); Cameron (1978); Mayowa (2006) Subasinghe & Wickramasinghe (2010); Ruiz & Naranjo (2012); Méndez (2006); Gálvez Albarracín & García Pérez de Lema (2011); Pérez Uribe (2007); Gómez Rada (2004); Gómez Rada (2001); Grueso Hinestroza (2009); Bernal Giraldo et al. (2011)
La complejidad de la cultura organizacional	La visión de la cultura organizacional como un fenómeno complejo. Las dificultades, posibilidades y conveniencia de su estudio	Seel (2000); Gabora (2001); Morris, Ross, & Ulieru (2011); Plsek & Greenhalgh (2001); Stacey (1991); Zheng, Qu, & Yang (2009); Rodrigues (2006); Hatch (1993); Schein (2004b); Weeks & Galunic(2003); Zheng et al.(2009); Funderburk (2004); Axelrod (2005); North & Macal (2007); Achorn (2005); Allan (2010); Gilbert & Troist (2006); Epstein & Axtell (1996); Crooks, Castle, & Batty (2008); Masland (1985); Iivari & Huisman (2007); Beugelsdijk, Koen, & Noorderhaven (2004); Folch & Rodríguez Gómez (2009); Mitleton-Kelly (2003b)
Las cultura social y organizacional	Definiciones, concepciones y emergencia	Kroeber & Kluckhohn (1952); Malinowski (1984); Fischer (2009); Geertz (1973); Krippendorff (1986); Funderburk (2004); Smircich (1983); Martin (2002); Martins & Terblanche (2003); Schein (1988); Giddens (2001); Davies et al. (2000); Denison (1996); Hatch (1997); Hellriegel, Jackson, & Slocum (2005); Van den Berg & Wilderom (2004); Willmot (2007); Henrich, J. et al. (2001)
La cultura organizacional	Su no linealidad	Durkheim (1998); Lincoln & Guillot (2004); Archer (2010); Linstead & Grafton-Small (1992); Sawyer (2002;) Ghinea & Bratianu (2012)
Emergencia	Multiculturas Subculturas y Contraculturas	Edwards (2009); Maanen & Barley (1982); Hofstede (1998); Sackman (1992); Gregory (1983); Wuthnow & Witten (1988)
Los estudios de la cultura organizacional	Diferentes métodos, diferentes autores	Deal & Kennedy (1982); Peters & Waterman Jr. (1982); Schein (1985); Zapata, Primero, & Arias (2006); Kwan & Walter (2004); Howard & Borland (2002); Kappos & Rivard (2007); Martin & Siehl (1983); Boisnier & Chatman (2002); Meyerson (1991); Ybema (1997); Smerek (2010)

Tabla 2 Literatura sobre Teoría General de Sistemas y Complejidad

El modelamiento clásico de la cultura organizacional	La aplicación de las metodologías cuantitativas y cualitativas	Denison, Nieminen, Kotrba, & Lindsey (2011); Andriani & McKelvey (2005); Crozier (1964); Cameron & Quinn (2006); Hofstede (1987); Balthazard, Cooke, & Potter (2006); Ghinea & Bratianu (2012); Zapata D., Rodríguez R., & Sánchez M. (2008); Aktouf (2002)
Literatura con significados	Carácter, normas organizacionales	Scott, Mannion, Davies, & Marshall (2003)
Cultura organizacional una metáfora o un paradigma	Estudiar las organizaciones como <i>sociedades en pequeño</i>	Morgan (2007); Smircich (1983)
Acepciones de la cultura	Corporativa, de empresa, etc.	Peters & Waterman Jr. (1982); Molina (2000)
La teoría general de sistemas	Sus diferencias y coincidencias con las ciencias de la complejidad	(Laszlo, 2002; Bertalanffy, 1993; Ackoff, 2004; Navarro Cid, 2001; De la Reza, 2010; Phelan, 1999; Ramalingam, Jones, Reba, & Young, 2008; Miceli, Guerrero, Quinteros, Mariano, & Mora Castro, 2006)
Concepciones de complejidad	Pensamiento, cosmovisión, ciencia	Morin (1995); Bertalanffy (1993); Erdi (2010); Maldonado (2001); Lissack (2002); Obolensky (2010)
Definiciones de complejidad	La dificultad de una definición	Jacobs & Swink (2011; Mikulecky (2006); Heylighen (1996); Mitchel (2009); Bertuglia & Vaio (2005)
Los sistemas complejos funcionando en el filo del caos	La creatividad, la impredeción y la incertidumbre. La imposibilidad de control robusto	Lewin & Regine (2002);(S. Kauffman, 1995)(S. Kauffman, 1995)(S. Kauffman, 1995)(S. Kauffman, 1995)(Kauffman, 1995); Waldrop (1994); Grobman (2005); Gell-Mann (1996); Berreby (1998)
El tiempo	variable fundamental en complejidad	Nicolis & Prigogine (1987); Prigogine (1988); Gould (1992)
La medición de la complejidad	Subjetividad, dependencia del contexto y particularidad	Lloyd (2001); Fromm (2004); Gell-Mann (1995); Maldonado (2003)
La diversidad en la complejidad	La noción de salto, de súbito, de puntos críticos de inflexión. Efectos de pequeños cambios en la evolución	Walby (2003)
Evolución de sistemas complejos	La diversidad de posibilidades	Dooley (1996); Zimmerman, Lindberg, & Plsek(1998); (Capra, 2010)
Las ciencias asociadas a la complejidad	La termodinámica del no-equilibrio, la geometría fractal, La teoría del caos, las lógicas no clásicas, La teoría de las catástrofes, la teoría de redes	Prigogine (1961); Gell-Mann (2007); Kauffman (2003); Reátegui (2009); (Devaney, 2003) Mandelbrot (2009); Talanquer (2003); Bar-Yam (1997; Young & Kiel (1994); Braun, 2003) Munné (2005; Braun (2003); Kellert (1993); Gleik, J. (1987); Peña (1993); Maldonado (2012a); Loffredo D'Ottaviano (2010); Espinoza (1995); Maldonado (2006); (Ketterer, 2006); Cárdenas, 2012)
Los sistemas complejos adaptativos	Las condiciones para la adaptatividad	Ellis & Herber (2011); Dooley (1996); Lewin (1999); Waldrop (1992); Begun, Zimmerman, & Dooley (2003); Stacey, Griffin, & Shaw(2002); Espinosa & Porter(2011); Miller & Page (2007); Waldrop (1994); Holland (1999); Lewin & Regine (2002); Solé, Bascompte, Delgado, Luque, & Manrubia (1996)

Tabla 3 Literatura sobre Características de los Sistemas Complejos

Las características de los sistemas complejos	Ausencia de control central Autoorganización, emergencia, y adaptación La no linealidad La realimentación La emergencia	Fontana & Ballati (1999); Boccara (2010); Bertuglia & Vaio (2005); Kalil (1996); Strogatz (2000); Mainzer (2007); Ladyman & Lambert (2012); Richardson (2008); (Fromm, 2004); Goldstein (1999)
La tipología de los fenómenos dinámicos	Fenómenos simples, complicados, complejos y caóticos	Obolensky (2010); Mikulecky (2006); Gul & Khan (2011); Fontana & Ballati (1999); Boccara (2010); Simon (1969); López-Paredes & Pavon (2009); Thietart & Forgues (1995); Hawking (2000); Mitchel (2009); Bertuglia & Vaio (2005)
La convergencia entre las diferentes ciencias y la complejidad	Ciencias sociales, ciencias de la administración, organizaciones, cultura organizacional y los sistemas complejos adaptativos	Ellis & Herber (2011); Gell-Mann (2007); Stacey, Griffin, & Shaw (2002); Svyantek & DeSHON (1993); Bratianu (2008); Espinosa & Porter (2011); Miller & Page (2007); Waldrop (1994); Holland (1995); Fryer (2001)
Los modelos generativos	El crecimiento	Epstein & Axtell (1996); Epstein (2006)
El modelamiento y la simulación en las ciencias sociales	Los dispositivos de la complejidad	(Epstein, 2008 ; Epstein & Axtell, 1996; Maldonado & Gómez C., 2010; Harrison, 1999; Macy & Willer, 2002; Axelrod, 1997; Harrison, Ling, Carroll, & Carley, 2007; Macal, 2006; Sawyer, 2003; Gilbert & Troist, 2006; Hotz, 2006; Kockesen & Ok, 2008; Turocy & Stengel, 2001; Flache & Macy, 2017; Trivelals, Reklitis, & Konstantopoulos, 2007; Nilsson, 2001)
Los agentes computacionales	Propiedades y tipos de agentes Los agentes BDI Los sistemas multiagente La cultura artificial Los modelos de evolución y aprendizaje	Harper (2012); Flache & Macy (2017); Nienaber & Barnard (2007); North & Macal (2007); Wooldridge (2002); Ferber (1999); Rao & Georgeoff (1995); Olivares Ceja(2002); Wooldridge & Simon (2003); Wooldridge (2002); North & Macal (2007); Funderburk (2004); Morris, Ross, Hosseini, & Ulieru (2010); Morris et al. (2011); Gessler (1995, 2004); Martínez Díaz & Zapata Domínguez (2013); Sharma (2006); Franklin & Bergerman (2000); Boccara (2010); Gilbert & Troist (2006); Reynoso (2006); Pham & Liu (1995)
El diálogo	Entre las ciencias naturales y exactas y las ciencias sociales	Wallerstein (1995); Puga (2009); Amozurrutia (2012); Trindade, Sierra, Garretón, Murmis, & Reina (2007); Christakis (2012); Walby (2003); Smith & Lewis (2011); Poole & Ven (1989); Braathen (2016)
La complejidad y el management	Las visiones del management desde el enfoque de la complejidad	Lewin & Regine (2002); Lissack (1999); Young & Kiel (1994); Overman (1996); Tasaka (1999); Marion & Uhl-Bien (2001); Regine & Lewin (2000a); Richardson & Cilliers (2001); Plowman et al. (2007); Sterman (1994); Goldstein (1999); McKelvey (1999); Maguire, McKelvey, Mirabeau, & Oztas (2006); McDaniel Jr. & Driebe (2005); Plsek & Greenhalgh (2001); Bertuglia & Vaio (2005); Maldonado (2012c); Eoyang & Berkas (1998)
La complejidad y las organizaciones	La demostración de las organizaciones como sistema complejos adaptativos	Obolensky, (2010); Palmberg (2009); Cohen (1999); Carlisle & McMillan (2006); Svyantek & Brown (2000); Parker & Stacey (1994); Morgan (2007); Regine & Lewin (2000a); Thietart & Forgues (1995); Levy (1994); Morgan (2007); Nonaka (1988); Mitleton-Kelly (2003); Ilgen & Hulin (2000); Navarro Cid (2000, 2001, 2005); Bohórquez Arévalo (2013); Reason & Goodwin (1999)

Tabla 4 Literatura sobre Redes, Agentes y Simulación

Los escenarios	Y el espacio de posibilidades	Schilperoord (2005); Mitleton-Kelly (2003)
La complejidad y la cultura organizacional	El enfoque de la cultura organizacional a través de los conceptos de la complejidad	Ahern (2011); Chao & Moon (2005); Seel (2005); Kernick (2004); Ybema (1997); Svyantek & DeSHON (1993); Frank & Fahrbach (1999); Chao & Moon,(2005); Dauber, Fink, & Yolles (2012); Funderburk (2004); Maimone & Mormino (2012); Morris, Ross, Hosseini, & Ulieru (2014); Ghinea & Bratianu (2012); Weeks(2010); Sackman (1992); Podjed (2011); Arslan & Aydin (2012); Situngkir (2004); García-Valdecasas Medina (2011); Eguíluz, Zimmermann, Cela-Conde, & San Miguel (2005)
Marcos de referencia y modelos	Para la cultura organizacional desde la perspectiva de la complejidad	Axelrod & Cohen (1999); Morris et al. (2011); Yelland (2012)
La evolución cultural	Y sus diferencias con la evolución biológica	Situngkir (2004); Mitleton-Kelly (2003); Gabora (2001); Kauffman (1995); Dawkins (2002); Gabora, L. & Kaufman (2010); Kauffman (2014)
El concepto de influencia y los modelos de simulación	Como la homofilia facilita el cambio de mentalidad y actitud a través de la interrelaciones de los individuos	McPherson, Smith-Lovin, & Cook (2001); Rashotte (2015); Flache et al. (2017); Flache & Macy (2006); Bednar, Bramson, Jones-Rooy, & Page (2010); Galam (2002); Parisi, Ceconi, & Natale (2003); Macy, Kitts, & Flache (2003); Mäs, Flache, & Helbing (2010); Levy & Maaravi (2017); Mäs, Flache, & Kitts (2014); Flache et al. (2017)
Las teorías del estudio de caso	Las entrevistas y la validez de la investigación	Yin (2009); Stake (2003); Patton (2002); De Bruyne, Herman, & De Schoutheete (1974); Lincoln & Guba (2002); Denzin & Lincoln (2003); Zapata Dominguez, Murillo Vargas, & Martínez Crespo (2006); Krefting (1991); Guba (1981); Cronbach (1975); Goetz & LeCompte (1988); Wallendorf & Belk (1989); Zapata Dominguez et al. (2006).
El diseño y construcción	Del modelo computacional	Wilensky & Rand (2015); Rand & Wilensky (2007); Flache & Macy (2017)
El proceso de la investigación	Sus motivadores y obstaculizadores	Mintrom (2008); Strandburg (2005); Lam (2010); Merino-Soto & Salas-Blas (2016); Tisue & Wilensky (2004)
El modelamiento y simulación	En sistemas multiagente	Sterman (1994); Chattoe-Brown (2014); Bratman (1999)
La teoría de redes complejas	Los principios que rigen la conformación y evolución de las redes complejas	Molina (2004); Reynoso (2011); San Miguel, Toral, & Eguíluz (2005); Bohórquez Arévalo & Espinosa (2015); Watts (2003); Barabási (2007); Watts & Strogatz (1998); Barabasi & Bonabeau (2003); Hamill & Gilbert (2009); Chao & Moon (2005)
La clasificación de las redes	Aleatorias o exponenciales, pequeño mundo y libres de escala	Newman (2003); Zachary (1977); Adamic & Glance (2005); Barabási (2014); Watts & Strogatz (1998);Tercero Talavera (2015); Barabasi & Bonabeau (2003)
Los sociogramas	y las socio-matrices	Reynoso (2011); Oportus V. (2012); Gutiérrez (1999)
El análisis de redes	Los resultados de los experimentos con redes complejas	Barsh, Capozzi, & Davidson (2008); Cordon García (2013)
Las características	De nodos y redes	Easley & Kleinberg (2010); Hamill & Gilbert (2009)
La complejidad de las redes	La emergencia de sucesos inesperados en las redes	Barsh, Capozzi, & Davidson (2008)

Fuente: Elaboración propia

2.2 El Marco Teórico de la Cultura

Esta sección proporciona una visión general que permite fundamentar y orientar el proceso de investigación. La expresión *cultura*³² etimológicamente proviene de *cultus*, *colere*, que indica cultivar, cuidar (Molina, 2000). No existe una definición única de cultura, se presentan los criterios y conceptos más utilizados que se encuentran en la literatura sobre la cultura social y la cultura organizacional. Se debe anotar que en un estudio realizado en 1952 Kroeber & Kluckhohn encontraron alrededor de 150 definiciones diferentes (Kroeber & Kluckhohn, 1952). La palabra *cultura* adquiere una variedad de significados y connotaciones, produciéndose una confusión general desde el punto de vista semántico y también desde la apreciación conceptual, por lo que los investigadores difieren, a veces radicalmente en sus definiciones de la cultura (Schein, 2004a). Además, los investigadores difieren en la forma en que estudian la cultura (Martin, 2002).

2.2.1 La tipología de los conceptos de cultura. Allaire y Firsirotu (1984) presentan las teorías culturales desde la antropología cultural como un mapa compuesto de dos grandes grupos o sistemas de pensamiento, de acuerdo con sus supuestos y características, que denominan por una parte como:

I. El sistema ideacional que entiende a la cultura como un sistema de ideas o elementos que se pueden deducir con base en los sucesos observables. Incluye:

- a) **La escuela cognitiva o etnográfica** que concibe la cultura como “*un sistema de conocimiento, de estándares aprendidos para percibir, creer, evaluar y actuar*” (Allaire & Firsirotu, 1984, p. 198), una integración de las experiencias vividas.
- b) **La escuela estructuralista** con las ideas de Levy Strauss produciendo “*sistemas simbólicos compartidos que son productos acumulativos de la mente, una reflexión de procesos mentales subconscientes, que subyacen las manifestaciones culturales*” (Allaire & Firsirotu, 1984, p. 198). Como lo cultural sería producto de la mente humana, se produciría una estructura con características comunes a todas las culturas. Los universales en la cultura se encuentran únicamente al nivel de estructura subconsciente (Allaire & Firsirotu, 1984).
- c) **La escuela de equivalencia mutua** que se refiere a la cultura como “*un conjunto de procesos cognitivos estandarizados los cuales crean el marco general para la predicción del comportamiento entre individuos actuando en un ámbito social*”. Así, es posible que a pesar de no tener los mismos objetivos se puedan compartir motivaciones y conocimientos (Allaire & Firsirotu, 1984, p. 198).

³² La cultura social corresponde a la cultura de los pueblos o de las naciones. En adelante en esta tesis se utilizará *cultura* cuando se quiera referir a la *cultura social*.

d) **La escuela simbólica o semiótica** con los aportes de Geertz³³ que pretende que “*la cultura no sea buscada en las cabezas de las personas sino en los significados y pensamientos compartidos por los actores sociales*” (Allaire & Firsirotu, 1984, p. 198).

II. El sistema sociocultural la idea de que los ámbitos social y cultural coexisten en un sistema único, en armonía y concordancia. “*lo cultural está inmerso en lo social y viceversa: el comportamiento manifiesto es el resultado del sistema sociocultural*” (Allaire & Firsirotu, 1984, p. 195). Se dividen en escuelas sincrónicas que incluyen la escuela funcionalista de Malinowsky (1984) y la funcional-estructuralista representada por Radcliffe-Brown y las escuelas diacrónicas con la escuela histórico-difusionista y la escuela ecológico-adaptacionista:

- a) **La escuela funcionalista** considera que las instituciones sociales y las manifestaciones culturales son instrumentos útiles para la satisfacción de las necesidades de los individuos en una sociedad.
- b) **La escuela funcional-estructuralista** visualiza las organizaciones como sistemas con metas, propósitos y necesidades en una interacción funcional con su entorno. La cultura es un dispositivo de adaptación, un componente del sistema social integrado que contiene también la estructura para conseguir el equilibrio de la sociedad con su entorno (Allaire & Firsirotu, 1984).
- c) **La escuela histórico-difusionista** expresa la cultura como compuesta de configuraciones o formas temporales, interactivas y super-orgánicas. Su atención está centrada en el traslado de rasgos culturales entre sistemas sociales, en la aculturación y en los procesos de asimilación (Allaire & Firsirotu, 1984).
- d) **La escuela ecológico-adaptacionista** la cultura es un sistema de patrones de comportamiento socialmente transmitidos. La cultura y el entorno co-evolucionan en una interacción de causalidad mutua influenciándose permanentemente (Allaire & Firsirotu, 1984).

Estos autores utilizan la metáfora de *las organizaciones como sociedades en miniatura*, por tanto, poseedoras de características culturales. Ellos demarcan las escuelas vigentes en esa época y sus concepciones sobre la organización para luego trasladar los conceptos al campo de la gestión organizacional (Allaire & Firsirotu, 1984).

Para Schein (2004), uno de los autores más connotados en la investigación sobre temas culturales, el término “*cultura*” se puede asignar a cualquier unidad social (sin importar su nivel) que de alguna forma haya tenido un aprendizaje y definido la visión de ella misma y de su entorno, de manera que han establecido sus presunciones básicas fundamentales. Los niveles según Schein (2004) son: 1) civilizaciones y culturas de los mundos occidental y oriental; 2) países con identidad

³³ Para Geertz la cultura es una red de significados que ha capturado al hombre, quien ha tejido esa red. Para este autor el análisis de la cultura no es ciencia experimental en búsqueda de leyes, sino una ciencia interpretativa que busca significados (Allaire & Firsirotu, 1984).

étnica tal que se puedan mencionar culturas nacionales; 3) cultura dentro de los países que se pueden establecer con respecto a las ocupaciones, profesiones o comunidades laborales. Si estos grupos son estables, consecuentemente habrán desarrollado sus culturas propias y; 4) el nivel de la *empresa* donde se pueden encontrar grupos anidados que establecen sus culturas especializadas denominadas subculturas (Schein, 2004c) o mejor multiculturas para evitar la idea peyorativa.

La “*cultura*” se ha considerado como información almacenada en la cabeza de las personas, que puede transmitirse entre ellas y que puede concebirse como las ideas, las creencias, las estrategias de comportamiento, los modelos perceptuales y las estructuras organizacionales que habitan en los cerebros individuales y que puede ser apropiada por los demás individuos a través de la imitación, la observación, la discusión, la interacción y la enseñanza. La cultura está inextricablemente asociada con la evolución y funcionamiento de las instituciones, la tecnología o la estructura social. Diversas investigaciones experimentales han evidenciado que la cultura puede influenciar las actitudes de las personas hacia la cooperación y la reciprocidad (Henrich, J. et al., 2001). Para Smircich (1983) la cultura se representa como un dispositivo que sirve a ciertos propósitos y necesidades como un instrumento adaptativo o regulador que se considera como manipulable y controlable por el management para aportar al mejor desempeño y efectividad organizacional (Smircich, 1983).

A pesar de las abundantes diferencias en la literatura sobre el concepto de “*cultura*” prevalece un principio de acuerdo sobre dos aspectos fundamentales: en primer lugar, la referencia a la cultura como un fenómeno “*colectivo*” y por otra parte que está formada por patrones “*compartidos*” entre los individuos de una cultura. Los componentes como las cogniciones, las creencias, los comportamientos y las estructuras normativas que se comparten, diferencian las culturas unas de otras (Hosftede, 2001; Lehman et al., 2004). Otro atributo importante de *la cultura es que se aprende, no se transmite genéticamente* (Fischer, 2009).

2.2.2 Las definiciones de la cultura. La gama de definiciones de la cultura incluye desde la concepción de la cultura como un producto complejo de ideas, individuos, grupos, artefactos y arquitecturas incluyendo sus interacciones. Las culturas tienen diferentes características que son influenciadas por los individuos que las componen y no se restringe al sentido de lo relacionado al arte, la música o la literatura. La definición de la cultura se constituye en un gran reto dados los numerosos y diferentes conceptos que divergen y a veces resultan antagónicos desde la amplia literatura de la antropología cultural (Allaire & Firsirotu, 1984; Fischer, 2009). Desde la arista antropológica, Malinowski (1984) considera que la cultura existe para resolver las necesidades biológicas, psicológicas y sociales del individuo, y expresa que la cultura es:

“un vasto aparato, en parte material, en parte humano y en parte espiritual con el que el hombre es capaz de superar los concretos, específicos problemas que lo enfrentan” (Malinowski, 1984, p. 56).

La cultura resulta ser un ambiente artificial o secundario fabricado por el hombre para resolver los problemas planteados por las necesidades que se le presentan (Malinowski, 1984). En esta arena el individuo adhiere a la cultura en su intención de satisfacer algunas necesidades (Zapata

Domínguez, 2002). Para Geertz (1973) la cultura tradicional resulta en algo que con ambigüedad inusual revela patrones de significados transmitidos históricamente en sistemas de personas interactuando en el avance de su comprensión y actitudes en la vida (Geertz, 1973). Los patrones culturales son tanto modelos de la realidad como modelos para la actuación en el mundo (Geertz, 1993). Geertz (1973) entiende la cultura a través de:

“la consideración del hombre como un animal suspendido en redes de significancia que el mismo ha tejido. Yo concibo la cultura como esas redes, y el análisis de ella, por tanto, no es una ciencia experimental en búsqueda de leyes, sino una ciencia interpretativa en busca de significados” ...una serie de dispositivos simbólicos para controlar la conducta, como una serie de fuentes extra-somáticas de información, la cultura suministra el vínculo entre lo que los hombres son intrínsecamente capaces de llegar a ser y lo que realmente llegan a ser uno por uno” (Geertz, 1973, p. 5, 1989, p. 15).

Desde esta postura indica que la cultura representa un sistema de símbolos compartidos (Dasanayaka, 2010). Por otra parte, el enfoque de la cultura como una metáfora, de acuerdo con Martin (2002), incluye una ganancia en la profundidad del entendimiento del significado de las manifestaciones culturales desde patrones de claridad, inconsistencia y ambigüedad que resultan apropiados para caracterizar la vida del trabajo, así se convierte en una lente para el estudio de la organización desde un enfoque simbólico. Sin embargo, se debe reconocer que el estudio de la cultura organizacional no contiene por completo la temática organizacional (Martin, 2002).

Para Martin (2002) la cultura organizacional es un fenómeno cuya complejidad es manifiesta cuando los estudiosos de la cultura la avocan por muy diversos motivos adoptando diferentes supuestos y puntualiza que los estudiosos de la cultura la delimitan de manera estrecha a variables de tipo tecnológico (tamaño, estructura, demografía), dejando de lado los métodos cualitativos que consideran aspectos de la subjetividad humana como los ritos, los símbolos, el humor, etc. (Martin, 2002). Para otros la cultura ofrece la oportunidad para capturar y explicar las complejidades de la vida diaria en las organizaciones.

2.3 La Cultura Organizacional

La cultura organizacional es un concepto que ha sido asociado recurrentemente al desempeño organizacional en aspectos variados como la rentabilidad, la investigación, la calidad, la innovación, el aprendizaje organizacional, el ambiente del trabajo y la efectividad organizacional. Ya que permea la vida organizacional se le ha considerado como:

“un constructo descriptivo, organizador y/o explicativo para representar las creencias compartidas, las expectativas, las normas y los comportamientos aceptables de los individuos en la medida en que ellos interactúan dentro y entre los varios grupos y organizaciones que ellos representan” (Funderburk, 2004, p. 1).

Es apropiado resaltar que en esta descripción se encuentran inmersos los componentes de un sistema complejo adaptativo.

2.3.1 Las perspectivas en el estudio de la cultura organizacional. A grandes rasgos la cultura organizacional se puede considerar como un ente abstracto que integra la objetivación de la

subjetividad, así como la historia y las experiencias del diario vivir en la mente de cada individuo que dirige sus acciones en el micro nivel, ocasionando *comportamientos emergentes* en el macro nivel. El concepto de cultura en un contexto organizacional ha sido un dispositivo útil, en una relación cerrada con las diferentes orientaciones encaminadas a la actividad organizacional (Linstead & Grafton-Small, 1992). Se encuentran en la literatura múltiples definiciones de la cultura organizacional. Entre esta variedad de criterios, una definición muy denotada y generalizada de cultura, independiente del nivel de aplicación, corresponde a Schein (2004):

“Un modelo de presunciones básicas –inventadas, descubiertas o desarrolladas por un grupo dado al ir aprendiendo a enfrentarse con sus problemas de adaptación externa e integración interna– que hayan ejercido la suficiente influencia como para ser consideradas válidas y, en consecuencia, ser enseñadas a los nuevos miembros como el modo correcto de percibir, pensar y sentir esos problemas” (Schein, 2004b, p. 25:26).

El autor enfrenta el estudio de la cultura desde tres aristas o niveles: 1) los artefactos, que son visibles, pero con frecuencia no descifrables; 2) las creencias y valores propugnados, que pueden ser bien confrontables por el entorno físico, o confrontables solo por el entorno social y; 3) los supuestos básicos que se dan por sentado. Schein (1985) afirma que los elementos en estos niveles conforman una jerarquía y que una modificación en los artefactos tiene efectos en los valores y, en el largo plazo producen cambios en las suposiciones básicas, estos cambios también pueden producirse a la inversa. Esta concepción se aprecia en la Figura 1. La definición de Schein (1985) involucra la adaptación, el aprendizaje y la corrección, lo que indica una cantidad de interacciones entre los miembros de una organización. Esas relaciones son de todo tipo y no necesitan ser lineales. Implican trayectorias de la información en ambos sentidos y ajustes y correcciones a lo largo del tiempo en todos los procesos, también acciones que tienen retardos y deformaciones.

En concreto, esta conceptualización contiene los ingredientes de un sistema realimentado no lineal y los componentes que intervienen en estas interacciones son seres humanos en toda su complejidad. El reflejo de los conceptos de Schein hacia los nuevos criterios de la complejidad, indica en el fenómeno de la cultura organizacional, la existencia de un sistema complejo adaptativo como se demuestra en 2.5.4. Otros autores como Smircich (1983), sostienen que la organización y la cultura están fuertemente ligadas. Esta autora propone la consideración de la cultura desde dos posiciones, en primera instancia como una variable interna o externa que la organización *tiene* y que puede manipularse en provecho de los intereses organizacionales. Puede ser categorizada como una variable externa cuando es influenciada por las culturas nacionales o una variable interna que se da en el seno de la organización. En segundo lugar, como una metáfora raíz en donde la organización *es* cultura. En la primera opción la cultura se importa a la organización a través de sus miembros debido a la influencia de múltiples factores como la familia, la comunidad, la religión, el sistema educativo etc. En la segunda, la cultura es algo que una organización *es*, la organización *es* una cultura. No se conceptúa sobre analogías de los artefactos físicos con los fenómenos sociales y se acepta la ambigüedad. Las organizaciones se interpretan en consideración a sus aspectos simbólicos, expresivos e ideales (Smircich, 1983).

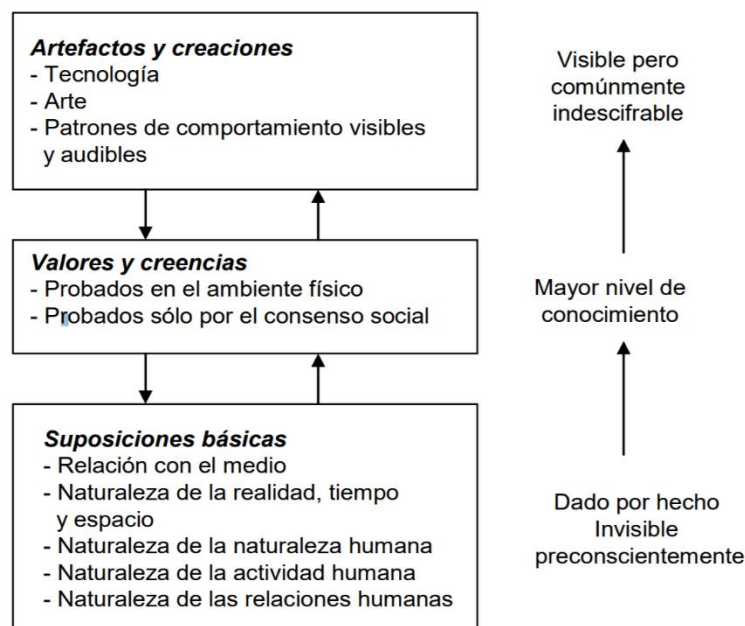


Figura 1 Modelo de la Cultura Organizacional de Schein

Fuente: (Schein, 1985)

La postura de Smircich se concreta en el concepto de cultura asociado a la organización como la exploración de alternativas para comprenderla desde una perspectiva de fondo, que contenga su esencia y las cuestiones que no se pueden observar a simple vista. Las ideas sobre la cultura organizacional resultan en algunas oportunidades antagónicas o coincidentes solo en algunos aspectos y en algunos casos con bastante similitud. Su concepción sobre las posibilidades mencionadas divide a los investigadores. Finalmente, estas interpretaciones se sintetizan en dos puntos de vista:

- 1) *La cultura organizacional como una variable y,*
- 2) *La cultura organizacional como una metáfora.*

En el primer caso, la cultura organizacional se estudia desde un punto de vista funcionalista que ofrece la promesa para el deleite de los managers:

“de que una cultura fuerte (una que genera un alto consenso entre los empleados de una organización) conducirá a resultados más arriba de los deseados por la alta dirección para maximizar, tanto como se pueda, la productividad y la rentabilidad” (Martin, 2002, p. 4).

De esta manera la cultura organizacional funcionaría como un dispositivo que crea productos y beneficios y que puede usarse con relativa seguridad para predecir y obtener resultados. La cultura organizacional como variable administrativa se concibió como un dispositivo para el control, asociándola con el compromiso, la lealtad y la consistencia de los miembros y los grupos de una organización (Smircich, 1983). Esta forma de representación sirve como una lente para realizar el estudio de la vida organizacional. Esta rama de la investigación cultural tiene fuertes críticos que prefieren más bien un enfoque direccionado a los significados simbólicos relacionados con las expresiones culturales (ritos, por ejemplo) y las disposiciones físicas (Martin, 2002).

El enfoque de la cultura organizacional como una metáfora sustenta una de las asunciones de esta tesis, ya que es claro que desde esta perspectiva este fenómeno es considerado con las características de un sistema complejo adaptativo³⁴. Esta postura incluye una ganancia en la profundidad del entendimiento del significado de las manifestaciones culturales desde patrones de *claridad, inconsistencia y ambigüedad* que resultan apropiados para caracterizar la vida del trabajo. Se añade, que estos atributos son responsables de la *impredictibilidad* del comportamiento colectivo organizacional, característica de los sistemas complejos. La cultura organizacional es un vasto fenómeno que se evidencia en un cuerpo de literatura amplio y diverso cruzando disciplinas y barreras (Martin, 2002). Una mirada amplia deja percibir que, el concepto de cultura organizacional supera lo instrumental si se tiene en cuenta que su contenido permite acercarnos a la complejidad de los conglomerados humanos en las organizaciones.

Una interpretación del marco conceptual de la cultura organizacional en la Figura 2, presentado por Allaire & Firsirotu (1984) permite descifrarla desde la complejidad como un entramado compuesto de diferentes partes interconectadas entre sí (*sistema*), con lazos de realimentación mutua que pueden ser no lineales dentro y entre las partes (*complejo*), cuyos resultados realimentan a los subsistemas y van a influenciar las actitudes de las partes (*adaptativo*). Incluye factores internos, como el mismo sistema cultural operando y factores externos como las características culturales de la región en donde opera la organización y las particularidades del clúster al que esta pertenece. Este marco se compone de: a) Un sistema cultural que engloba lo referente a los mitos, valores e ideología como un sistema colectivo; b) Un sistema socio estructural que contiene las interacciones de las estructuras, las estrategias, la política y los procesos y; c) Las normas, estatutos y valores como directrices para los miembros de la organización que aportan su conocimiento, su personalidad y sus cogniciones mediante los cuales construyen la realidad organizacional a través del transcurso de los sucesos.

Sin ambages se puede afirmar que esta concepción contiene signos inequívocos de la complejidad de la cultura organizacional si se examinan las diferentes conexiones dentro y entre el sistema cultural, el sistema socio estructural, las normas estatutos y roles y la respuesta organizacional. Además, son evidentes los múltiples lazos de realimentación directa y los lazos de realimentación mutua (resaltados en rojo y verde respectivamente en la Figura 2) hacia y desde diferentes sectores de la organización. En la época de los estudios de Allaire & Firsirotu aunque se verificaron las interacciones e interrelaciones mencionadas, los estudios sobre ciencias de la complejidad y su aplicación a las organizaciones no estaban aún disponibles. Ahora, su aplicación permite desvelar nuevos aspectos, lo que constituye en aporte argumental a las ideas que motivan esta investigación. En resumen, en los planteamientos de Allaire y Firsirotu se concibe la cultura organizacional como un sistema complejo adaptativo, aportando argumentos a los criterios establecidos en esta tesis.

³⁴ *Complejo* conlleva diversidad, es decir una amplia variedad de elementos interactuantes de cuyas interacciones surge un comportamiento como una totalidad (Navarro Cid, 2001). *Adaptativo* se refiere a la propiedad del sistema para modificarse o cambiarse aprendiendo de las experiencias (Holland, 1995).

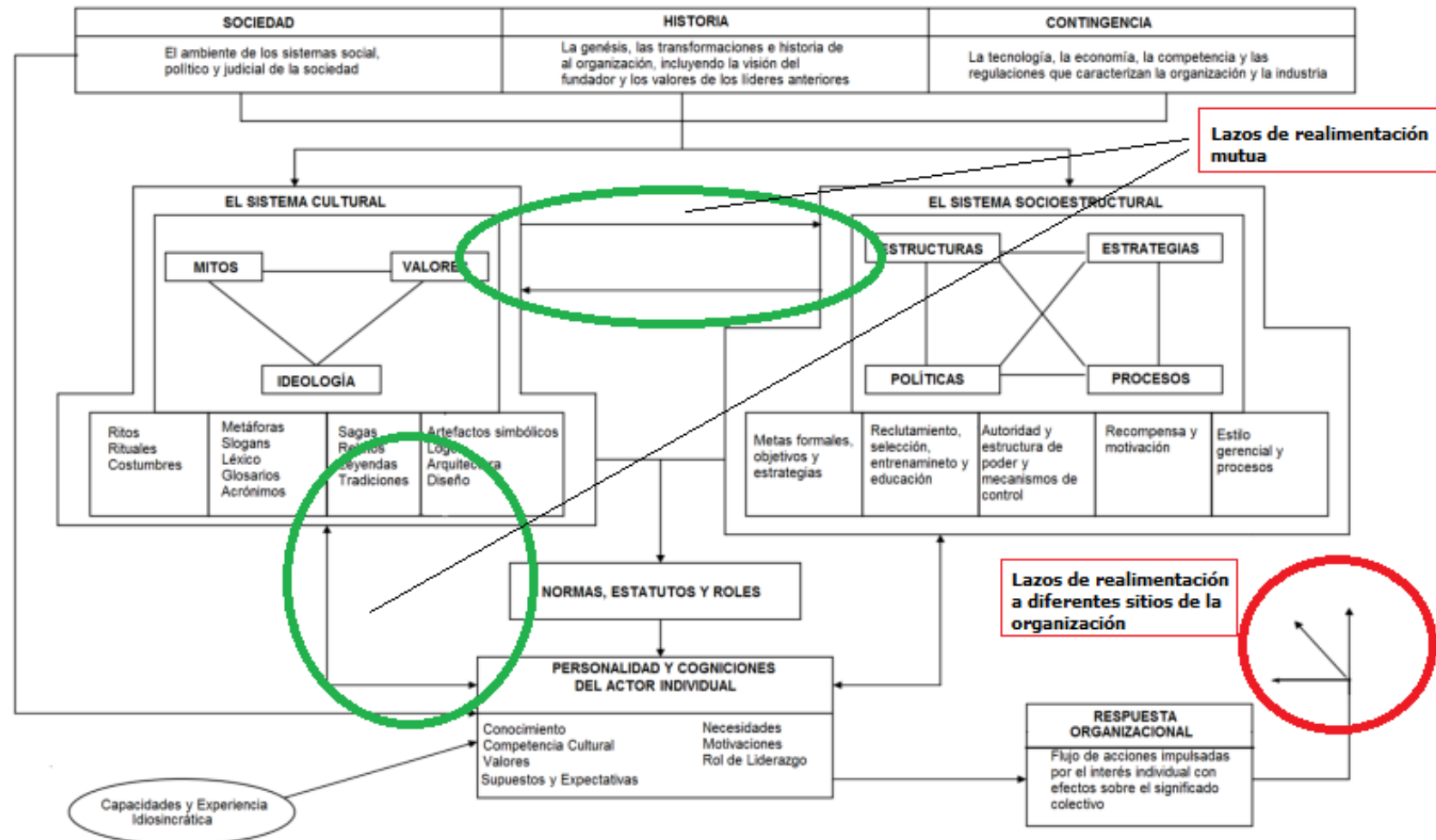


Figura 2 Marco Conceptual de la Cultura Organizacional de Allaire & Firsirotu

Fuente: (Allaire & Firsirotu, 1984)

2.3.2 Algunas definiciones de la cultura organizacional. De las múltiples definiciones de la cultura organizacional se han extraído algunas que son representativas del campo de estudio y aportan a este trabajo. Proviene de la literatura de la disciplina y han surgido de las tradiciones antropológicas, sociológicas y psicológicas. El examen de estos conceptos con base en la complejidad conduce a interpretaciones del fenómeno cultural como un sistema complejo adaptativo como se discute en 2.4.7.

Para Denison (1996) la cultura organizacional se refiere a:

“la estructura profunda de la organización, la cual se encuentra arraigada en los valores, creencias y supuestos reconocidos por los miembros de la organización” (Denison, 1996, p. 624).

Desde la postura sociológica Giddens (2001) entiende la cultura organizacional como:

“los valores que los miembros de un grupo dado mantienen, las normas que ellos siguen y los bienes materiales que ellos crean” (Giddens, 2001, p. 32).

Respecto a la mantención de los valores y sumisión a las normas, se puede inferir que esto se logra a través de un sistema de interacciones que corrige los desvíos de lo estatuido, es decir un sistema de control realimentado, hablando en términos cibernéticos. Es aquí, donde trasladando la concepción de Denison y Giddens a los propósitos de esta tesis, se pueden ampliar estos criterios precisando que los productores de las interacciones son seres humanos que son el sistema más complejo de la existencia y que las interacciones para mantener los supuestos reconocidos no tienen por qué ser lineales, además que los humanos poseen capacidad de almacenamiento de información en su memoria lo que los hace capaces de actuar dinámicamente y modificar permanentemente su comportamiento para cumplir con las premisas establecidas, lo que representa capacidad de adaptación. A luz de la visión de esta tesis la interpretación de los conceptos de cultura organizacional de Denison y Giddens corresponden a un sistema complejo adaptativo.

Las definiciones de cultura organizacional en la literatura en general parecen girar sobre temas y conceptos similares. Schein (1988) considera la cultura como un constructo importante de la organización que refleja una abstracción de sus *valores* y *credo* (Schein, 2004a). Schein dice que:

“necesitamos un modelo evolutivo dinámico de la cultura empresarial, un modelo que nos revele lo que la cultura hace y no únicamente lo que es... un modelo dinámico de la cultura será especialmente útil para el mejor entendimiento de la evolución de los sistemas humanos a través del tiempo” (Schein, 1988, p. 22).

Pero para la época, las herramientas disponibles no podían cumplir apropiadamente el cometido para develar las percepciones de Schein. Se ha requerido que la innovación diese paso a través del espacio de posibilidades a los sistemas computarizados de hoy para el avance del estudio de los sistemas no lineales, sus dinámicas y las visualizaciones de sus comportamientos, es decir, de las ciencias de la complejidad y de la ciencia social computacional.

Además, insiste en que:

“la cultura organizacional es un fenómeno profundo, complejo, de difícil comprensión que él delimita como las creencias compartidas, rituales, mitos, ideologías, filosofías y normas que influyen las acciones o el comportamiento de las personas en una organización” (Schein, 1988, p. 22).

El modelo que concebía Schein corresponde precisamente al desarrollado en esta tesis a partir de ciencias de frontera y tecnologías de punta combinadas apropiadamente para lograr cumplir las expectativas de este investigador. Al respecto, el fenómeno que refiere Schein descrito en los términos de la complejidad es el resultado emergente de una sociedad en red³⁵ con múltiples interacciones entre los actores en el micro-nivel, que evoluciona y presenta macro-comportamientos inciertos y ambiguos. Es decir, los criterios de Schein apoyan la tesis de la cultura organizacional como un CAS³⁶ que se promulga en esta investigación.

Smirchic (1983) refiriéndose a Pondy, Mitroff & otros (1979) propone un “*modelo cultural de la organización*” que se trasladará “*más allá de los modos de organización de los sistemas abiertos*” hacia un modelo cultural relacionado con las funciones mentales superiores de los seres humanos.

“las cualidades expresivas, irracionales de la experiencia, de la organización y legítima la atención en los aspectos subjetivos interpretativos de la vida organizacional” (Smirchic, 1983, p. 31).

Esta idea involucra la complejidad del ser humano que se manifiesta en sus actuaciones en la organización en armonía con los planteamientos de esta tesis.

Hatch (1997) puntualiza que el tejido simbólico de la identidad organizacional se da a conocer a los diferentes miembros de la organización por los mandos directivos, pero que la organización resulta representada e interiorizada por sus miembros a través de patrones de tipo cultural, prácticas y conocimiento del trabajo e influencia de las relaciones con el ambiente. De esta manera, Hatch (1997) acoge la definición de Schein. La cultura se da como una construcción social incrustada en creencias, simbologías e ideologías de los miembros que la configuran y que permiten la relación de la organización con el medio ambiente. Por otro lado se plantea que la debilidad en los elementos culturales, es decir, una cultura organizacional no integrada es la consecuencia de la aparición de subculturas y de conflictos organizacionales (Hatch, 1997; Hatch & Cunliffe, 2006). Al respecto se puede inferir que es la complejidad de la cultura organizacional la que promueve la diversidad cultural existente en todas las organizaciones humanas. A pesar de algún consenso sobre diversas cuestiones organizacionales la confluencia hacia una cultura única no se logra en la vida real (Flache & Macy, 2006) en razón a los múltiples lazos de realimentación mutua no lineal que se dan en las interacciones de los actores en un conglomerado humano.

Otros autores enmarcados dentro de la corriente de los Critical Management Studies (CMS) tienen perspectivas diferentes sobre el concepto de cultura organizacional. Para Robbins (1997) en Campos (2004), el concepto de cultura organizacional surge de la necesidad de considerar las organizaciones como unidades sociales de naturaleza intersubjetiva, constituidas simbólicamente. La organización resulta ser una realidad intersubjetiva abierta y de constitución compleja en donde la cultura organizacional es fundamental para la sustentación de la estructura organizacional y para

³⁵ Los principios teóricos de las redes se tratan en 2.2.4.6. En 4.4 se presentan los resultados de los experimentos computacionales en redes para el conglomerado bajo estudio.

³⁶ En 2.5.4 se comprueba la condición de CAS de la cultura organizacional.

los procesos de cambio organizacional. Así, la cultura se convierte en otro *elemento instrumental* para la gestión organizacional (Campos, 2004). Esta definición también involucra la noción de complejidad e incertidumbre. Según Willmott (2007), la intención y el fin de las ciencias de la cultura corporativa:

“consiste en captar los corazones y las mentes de los empleados; definir sus propósitos orientando lo que estos piensan y sienten y no simplemente su comportamiento” (Willmott, 2007, p. 103).

La emergencia de las culturas corporativas se produce como el dispositivo esencial que permite “*un esfuerzo insólito por parte de empleados aparentemente corrientes*” (Peters & Waterman Jr., 1982). Pero, las aplicaciones de la cultura corporativa pueden hacerse de muy diferentes maneras y pueden estar mal pensadas por lo que pueden llegar al descrédito (Willmott, 2007). Se manifiesta aquí la preponderancia del control riguroso que resulta inútil a la luz de la complejidad.

Para Zapata y Rodríguez (2008) la empresa es, además de un ente económico, también una entidad social que en su vida diaria lleva inmersa *la complejidad propia de los sistemas sociales* (Zapata, Domínguez & Rodríguez Ramírez, 2008). En esta arena el individuo adhiere a la cultura en su intención de satisfacer algunas necesidades (A. Zapata Domínguez, 2002).

La literatura conceptualiza la cultura organizacional de diferentes maneras (Martin, 2002; Martins & Terblanche, 2003; Schein, 1988; Davies et al., 2000). Sin embargo, una gran parte converge a definiciones que involucran alguna forma de significados, valores, principios, interpretaciones y normas compartidos y describen la cultura organizacional como algo que:

“denota una amplia gama de fenómenos sociales, incluida la vestimenta, el lenguaje, el comportamiento habitual de una organización, creencias, valores, suposiciones, símbolos de estatus y autoridad, mitos, ceremonias y rituales, y modos de deferencia y subversión” (Scott, Mannion, Davies, & Marshall, 2003, p. 925).

Los atributos mencionados sirven para detectar el carácter y las normas de una organización (Scott et al., 2003). Otros autores consideran la cultura organizacional como una metáfora o un paradigma (Burrell & Morgan, 1979) que les sirve para estudiar las organizaciones como *sociedades en pequeño* (Morgan, 2007; Smircich, 1983).

Para Emily Durkheim (1998), un prominente clásico teórico social de la cultura marginalizado por sus novedosas ideas (Emirbayer, 1996) su conceptualización de la cultura como:

“un tejido emergente de representación, abarcando holísticamente el conjunto profundo de valores, creencias y sistemas simbólicos de una colectividad natural... es la suma total de los esfuerzos colectivos de los seres humanos para luchar a brazo partido simbólicamente con un mundo complejo e incierto” (Lincoln & Guillot, 2004, p. 4).

Resulta útil para reforzar los planteamientos teóricos y metodológicos de esta investigación.

Los conceptos de *emergencia* y *complejidad* que se declaran en la anterior cita son perfectamente compatibles con los planteamientos de la cultura organizacional como un sistema complejo adaptativo, concepto propugnado en esta tesis. Durkheim se opone enérgicamente al reduccionismo. Desde su punto de vista las causas de los hechos sociales son otros hechos sociales, no los motivos, habilidades o los comportamientos de los individuos. Durkheim es reiterativo en el

sentido de visualizar la cultura como:

“una propiedad emergente y externamente restringida de las colectividades, un hecho social sui generis que es irreducible al nivel individual de atributos y procesos” (Lincoln & Guillot, 2004, p. 16).

La *irreducibilidad* de la cultura a sus componentes primarios es otra de las propiedades de los sistemas complejos contraria al *reduccionismo cartesiano*, que se acoge en esta tesis. La emergencia de la cultura en Durkheim (1998) presentada en la declaración:

“Cada (persona) imperfectamente imagina el estado de aquellos a su alrededor. ¿Qué ocurre entonces? Una vez despertadas en mi conciencia estas variadas representaciones, se combinan unas con otras y con mis propios sentimientos. Un nuevo estado es formado, menos mío propio que su predecesor, menos contaminado con la individualidad y más y más liberado de cualquier particularidad excesiva, por una serie de repetidas elaboraciones análogas a las precedentes. Tales combinaciones...entonces se mezclan y fusionan en un compuesto que las absorbe, pero diferente de ellas....(Durkheim, 1998, p. 107:108).

Permite vislumbrar un proceso recursivo que se repite y se repite cambiando los estados de los individuos (*las creencias individuales o supuestos subyacentes*) y de la cultura (*organizacional*) cada vez. La interpretación y explicación adecuada de este tipo de fenómenos complejos se hace posible mediante las oportunidades que hoy ofrecen las técnicas del análisis de redes sociales (ARS) y del modelamiento y simulación basado en agentes (ABMS) que se aplican en esta investigación. Los criterios de Durkheim apoyan la metodología y las herramientas propias de esta tesis.

Para Durkheim (1998) “*las redes sociales son la fuente y el fundamento de la cultura*”. La representación de los individuos de los objetos o de los eventos son ineludiblemente interdependientes (Lincoln & Guillot, 2004):

“La emergencia esta embebida en la interacción: ...Las propiedades emergentes son por tanto relacionales: ellas no son contenidas en los elementos mismos, pero no pueden existir aparte de ellos. (Ellas)...pueden emerger desde pequeñas escalas de interacción en todos los niveles hacia arriba, aunque en la medida que el alcance crece ellas aumentan su distanciamiento de las disposiciones psicológicas de cada día, pero nunca se desapegan de las interacciones. Los más altos ordenes de emergencia no son nada más que las relaciones entre los resultados de interacción. Sin embargo, esa realimentación condiciona las interacciones subsecuentes a niveles más bajos” (Archer, 2010, p. 245).

En razón al uso en el Siglo XIX de los vocablos *síntesis* y *asociación*, Durkheim los aplicó a la descripción de “*los fenómenos emergentes sistémicos cuyos resultados no se pueden corresponder a la combinación aditiva de sus elementos*” (Sawyer, 2002, p. 232). Aquí Durkheim refuerza la tesis de los fenómenos sociales como emergentes y no lineales aportando a la concepción teórica de la cultura organizacional como un sistema complejo en acuerdo con los planteamientos de esta tesis.

Durkheim (1998) declara con toda certeza que la conciencia colectiva emerge del proceso de convergencia de las mentes individuales a través de la *influencia recíproca*. A través de las redes sociales simultáneamente fluyen las consecuencias y las causas de la cultura (Lincoln & Guillot,

2004). Una mirada a los argumentos anteriores permite percibir que el tratamiento de los fenómenos sociales, como la cultura organizacional, pueden hacerse a través del *análisis de redes sociales* (ARS) y que el criterio de la *influencia social* es una postura válida para el entendimiento y explicación de estos escenarios. En concreto, las aserciones de Durkheim (1998) suministran apoyo teórico adicional a los criterios, las metodologías y el empleo de los dispositivos de la complejidad que se adoptan en esta investigación fortaleciendo la presunción de la cultura en sus diferentes orientaciones como un fenómeno complejo adaptativo.

2.3.3 Multiculturas, Subculturas y Contraculturas. Diferentes estudios asumen que la cultura organizacional es consistente y uniforme. Pero, el fenómeno de la cultura organizacional está lejos de ser monolítico e integrador. Se puede pensar que la cultura organizacional deviene de las interacciones de las culturas propias de subgrupos que se van consolidando al interior de la organización a causa de diferentes razones, estas son denominadas como *subculturas*. Por tanto, es conveniente un enfoque de las organizaciones como entes multiculturales (Edwards, 2009) con subculturas que emergen desde los diferentes tipos de grupos o conglomerados que se forman debido a diferentes motivos dentro de las organizaciones. Las subculturas pueden originarse a partir de comunidades ocupacionales: mecánicos, contadores, fotógrafos (Maanen & Barley, 1982); los roles que desempeñan las personas en la organización (Hofstede, 1998); el estatus jerárquico de las personas en la organización y el tipo de profesión o disciplina que acreditan o ejercen (Sackman, 1992). Pueden provenir de las líneas de jerarquía (verticales) o de funcionalidad (horizontales) y de redes de contactos personales en el trabajo, de lazos de amistad, o de rasgos étnicos (Martin, 2002). En algunos casos las subculturas son *transversales* a las organizaciones y pueden formarse dependiendo del tipo de industria (Gregory, 1983). Al respecto Wuthnow & Witten (1998) opinan que:

“mientras las subculturas pueden reforzar la integración en toda la organización, ellas pueden también proporcionar centros de disenso organizacional. Pueden emerger diferencias culturales en las líneas ocupacionales, de estatus, o de divisiones. La evidencia de la existencia de subculturas se encuentra en las diferentes prácticas discursivas en las organizaciones: en las diferentes recuentos que los trabajadores en los diferentes niveles entregan de los eventos organizacionales, en el lenguaje especializado que los profesionales comparten con sus colegas fuera de la organización...en los diferentes símbolos expresivos alrededor de los cuales convergen los subgrupos en la producción de su identidad colectiva y sentido de misión” (Wuthnow & Witten, 1988, p. 49).

La *división del trabajo* cuestión que se encuentra activa en la investigación organizacional contemporánea es para Durkheim (1998) uno de los desafíos que bloquean la cohesión y la comunidad. Los problemas de integración y coordinación se magnifican cuando la cultura organizacional es más débil y la organización va en camino a la segmentación. Las barreras que emergen para la cooperación y la comunicación se entienden como marcos cognitivos en competencia en donde cada grupo ve la organización a través de sus propios estrechos lentes técnicos y profesionales impulsando la aparición de subculturas (Martin, 1992).

2.3.4 Los estudios de la cultura organizacional. A partir de los años 80 el tema de la cultura

organizacional recibió un fuerte impulso para su estudio y tratamiento generalizado (Deal & Kennedy, 1982; Peters & Waterman Jr., 1982; Schein, 1985). Desde hace más de 40 años se gestó la reflexión sobre la cultura organizacional por algunos autores que se dedicaron a temas como los valores y estilos de dirección (Zapata et al., 2006). Los estudios han utilizado metodologías cualitativas y cuantitativas para su análisis que se fundamentan en entrevistas de diferentes tipos, observaciones y estudios etnográficos para el primer método y encuestas y cuestionarios para el segundo.

Como se ha expresado antes, a pesar de la abundante literatura generada sobre el tema, a la fecha no existe acuerdo sobre una conceptualización unificada del fenómeno. Su estudio conduce a muy diversas interpretaciones (Allaire & Firsirotu, 1984; Cameron & Quinn, 1999; Denison, 1996). La revisión de la literatura indica falta de precisión y consenso en su definición. El punto neurálgico de discusión se centra en las metodologías utilizadas (Kwan & Walter, 2004). Pero, estas discusiones no se limitan al estudio de la cultura organizacional, cubren de manera amplia las ideas del estudio de otros fenómenos. Los investigadores adeptos a la medición cualitativa esgrimen entre sus argumentaciones contra la metodología cuantitativa, su imposibilidad de identificación de los aspectos que subyacen en la cultura, los cuales se encuentran en la profundidad o están ocultos en la mente de los individuos. Además, cuestionan la suficiencia de los ítems incluidos en los formularios de encuesta para detectar las dimensiones culturales relevantes para una organización particular en función de las preguntas consignadas y el formato utilizado (Van Maanen, 1995). Para estos investigadores esta estructura no proporciona concluyentemente una investigación directa de las capas abstractas e inconscientes de la cultura organizacional, por tanto únicamente una *descripción densa* de las organizaciones posibilita una perspectiva profunda de su cultura y esto solo puede lograrse utilizando métodos cualitativos (Smircich, 1983).

Los dos métodos miden diferentes niveles de la cultura organizacional y por tanto se utilizan para fines diferentes. La crítica al análisis cuantitativo por su visión parcial de la cultura organizacional también recae sobre el análisis cualitativo ya que si los supuestos subyacentes de la cultura organizacional se encuentran exclusivamente en las mentes de los miembros de la organización, la *descripción densa* realizada por un investigador “*inmerso en una cultura específica por un largo periodo de tiempo puede no ser un reflejo absolutamente objetivo de la realidad*” (Kwan & Walter, 2004, p. 22).

Desde el punto de vista de los defensores de las metodologías cuantitativas, en la cultura organizacional multinivel los valores y las normas de comportamiento son el resultado de los supuestos subyacentes y por tanto la cultura reflexiva de la organización. Los investigadores tienen plena claridad sobre las limitaciones del método y no intentan explorar en sus estudios los supuestos subyacentes de las organizaciones. Algunos investigadores consideran que a pesar de sus diferencias ambas perspectivas resultan apropiadas para el estudio de la cultura organizacional (Kwan & Walter, 2004). Cada método resulta asociado a uno de los paradigmas de si la cultura es *algo que una organización tiene* o si la *organización en sí misma es cultura* (Smircich, 1983). Si

la organización es cultura entonces únicamente los métodos cualitativos pueden ofrecer resultados satisfactorios. Cuando se considera que *la organización tiene una cultura* se considera a esta como una variable y puede influenciar y ser influenciada por otras variables organizacionales. En esta última perspectiva los investigadores tratan de conocer las relaciones de la cultura con otras variables (Cameron & Quinn, 1999; Denison, 1991). Otros investigadores consideran que un balance complementario entre información cualitativa y cuantitativa puede servir como soporte para la toma de mejores decisiones. Cuando se trata de adoptar simultáneamente información obtenida a través de la aplicación de ambos métodos se recurre a una alternativa denominada como *triangulación* (Howard & Borland, 2002).

2.3.5 El paradigma de las Tres Culturas. Martin (2002) presenta una conceptualización que introduce la noción de *subculturas organizacionales* como el resultado de la influencia de las prácticas, valores y creencias en los subgrupos diferentes a los que profesan la cultura dominante. Las subculturas son subproductos donde la racionalidad técnica o la especialización proporcionan oportunidades para la formación de subgrupos. Algunos autores son de la opinión que un punto de vista diferenciador resulta apropiado para el estudio de la cultura organizacional (Maanen & Barley, 1985; Schein, 1996; Martin, 2002). Este enfoque presenta:

a) **Las culturas integradas** que poseen características de coherencia, armonía y homogeneidad con respecto a las culturas que se forman en las organizaciones debido a las diferentes profesiones, intereses, creencias y supuestos de los grupos que existen dentro. La organización es poseedora de una cultura clara, persistente y consistente a través de todas las unidades organizacionales. Se considera que los valores, símbolos, prácticas rituales y supuestos básicos son compartidos por todos los integrantes de la organización por lo se supone que todos los miembros de un sistema social logran consenso a través de la totalidad del colectivo y que todos tienen claridad compartida acerca de la interpretación de las manifestaciones y visiones de los procesos, sin ambigüedad. Todos los procesos y prácticas están dirigidos al logro del mismo conjunto de objetivos (Kappos & Rivard, 2007).

b) **Las culturas diferenciadas** se enfocan en las diversidades existentes dentro de las organizaciones ocasionadas por la influencia del poder y los conflictos de intereses. A diferencia de la cultura integrada esta perspectiva asume que los diferentes subgrupos organizacionales entienden las manifestaciones culturales de diferente manera. Las relaciones subculturales son vistas como jerárquicas, lo que explica la existencia de fronteras dentro de la organización. A pesar de sus diferencias con la perspectiva de integración persisten algunos elementos de unidad y consenso propios de esta última. Se cree que la ambigüedad se encuentra únicamente en los intersticios de las fronteras entre las culturas integradas y las diferenciadas (Kappos & Rivard, 2007).

c) **Las culturas fragmentadas.** Aquí, las ambigüedades son parte central de la cultura y pueden ser interpretadas de diversas maneras (Martin & Siehl, 1983; Boisnier & Chatman, 2002). Desde el punto de vista de la fragmentación *las ambigüedades pasan a ocupar un papel*

preponderante y no se consideran anormales, evitables o problemáticas (Martin, 2002, p. 105). Las evidentes consistencias e inconsistencias presentes en las perspectivas de integración y diferenciación son apenas perceptibles en la perspectiva de fragmentación, esto conduce a organizaciones no estables y ausentes de consenso. Las ambigüedades surgen en la perspectiva de fragmentación como un resultado de problemas temporales e interpretaciones de la cultura que provocan discrepancias de opinión en forma de acuerdos o desacuerdos. Estas ambigüedades pueden resultar en acciones y reacciones paradójicas o irónicas. Las ambigüedades causantes de la fragmentación sugieren fronteras culturales difusas entre los diversos grupos organizacionales (Kappos & Rivard, 2007).

El paradigma de la subcultura fragmentada proporciona una perspectiva de la cultura que varía entre los diferentes subgrupos organizacionales, lo que implica que la cultura puede ser una fuerza fragmentadora más que unificadora (Maanen & Barley, 1985). Los individuos en las organizaciones consideran a menudo:

“que viven dentro de una cultura organizacional única, pero no son conscientes de que no existen fronteras claras, que no pueden identificar soluciones compartidas y tampoco hay reconciliación en cuanto a creencias contradictorias e identidades múltiples” (Meyerson, 1991, p. 131).

Desde el punto de vista de la perspectiva de fragmentación:

“las relaciones entre manifestaciones son conceptualizadas en términos multivalentes como parcialmente congruentes, parcialmente incongruentes, y parcialmente relacionadas por tangencia, quizás conexiones aleatorias” (Martin, 2002, p. 105).

Esta perspectiva es congruente con la tesis de la cultura organizacional como un sistema complejo adaptativo. Caben en esta visión la incertidumbre, la ambigüedad y la impredecibilidad, elementos inherentes a la complejidad. Esta temática se estudia más adelante y más ampliamente en esta tesis.

Pero, las subculturas organizacionales no necesariamente están en conflicto con la visión de la cultura organizacional dominante (Martin & Siehl, 1983). Existe la posibilidad de que algún tipo de subcultura resulte de la formación de subgrupos por individuos que no se enmarcan dentro de los subgrupos existentes debido a que se sienten marginados, con sus ambiciones bloqueadas, con entrenamiento pobre y con retribuciones inadecuadas que son las condiciones propicias para la emergencia de movimientos de resistencia denominados como *contraculturas* (Maanen & Barley, 1985). También se pueden conformar grupos que, aunque aceptan los valores de la cultura dominante tienen sus propios valores, diferentes de los valores principales, pero no están en conflicto. Estos valores resultan periféricos a los de la cultura general por lo que son poco importantes para el funcionamiento y la identidad de la organización. A estas subculturas se les denomina *subculturas ortogonales* (Boisnier & Chatman, 2002).

La amplia gama de perspectivas culturales que coexisten y co-evolucionan en una organización conducen hacia la combinación o la confrontación de criterios. Por una parte, las perspectivas pueden llegar a interpretaciones conflictivas más que complementarias de la realidad cultural. Por otro lado, las confrontaciones entre perspectivas opuestas pueden ocasionar su combinación,

entonces las fronteras culturales se rompen propiciando unidad y diversidad cultural al mismo tiempo. Algunos eventos organizacionales pueden suscitar un sentido de colectividad e interés común del personal, pero al mismo tiempo pueden transportar las semillas de la discordia entre dependencias, “*las formas culturales son inherentemente ambiguas*³⁷” (Ybema, 1997). Así, Martin (2002) propone a los investigadores utilizar un enfoque aplicando las tres perspectivas de la cultura que se han revisado antes. La autora asume que hay aspectos de una cultura cohesiva que ligán a los individuos, pero existen subculturas que provocan diferencias organizacionales y también ambigüedades y alianzas. La propuesta de Martin tiende a una meta-teoría que sobrepase la estrechez de los enfoques individuales con más altos niveles de abstracción (Smerek, 2010).

Para los propósitos de esta investigación la perspectiva de las culturas fragmentadas presenta un fuerte acercamiento a los conceptos de la complejidad, ya que incluye dentro de sus premisas la aceptación de la ambigüedad y la incertidumbre y las variaciones que implica el reconocimiento de la dinámica, la impredecibilidad y la indeterminación de los comportamientos.

2.3.6 Los modelos clásicos de la cultura organizacional. La cultura organizacional ha sido operacionalizada e instrumentalizada, para diferentes fines y utilizando diversos instrumentos. A continuación, se presenta un recuento sucinto de los modelos y marcos referenciales más utilizados. Como se ha expuesto anteriormente, la cultura organizacional ha sido objeto de estudio y debate por muchos años, se han elaborado y probado diversos modelos para medir las dimensiones de la cultura organizacional (Denison, Nieminén, Kotrba, & Lindsey, 2011; Hofstede, 1987; Schein, 1988, [1985]). En estos trabajos se realizan evaluaciones cuantitativas y cualitativas. Entre los estudios cuantitativos los diversos modelos se fundamentan en descripciones e inferencias de tipo estadístico (regresiones, correlaciones, análisis factorial, análisis clúster, ecuaciones estructurales y demás técnicas del análisis multivariante (Hair Jr. & Others, 2005).

En general se diagnostica desde el análisis de un agregado de datos sobre el que los investigadores cuantitativos presumen distribuciones gaussianas que cumplen con el criterio de normalidad de los datos, lo que supone independencia de datos, varianza finita, e intervalos de confianza definidos y estables (Andriani & McKelvey, 2005). Los resultados se promedian y generalizan con valores para las dimensiones del constructo cultura organizacional. Sobre este particular es determinante la postura de Crozier (1964) cuando expresa que:

“Las relaciones estadísticas generales, las cuales pueden ser percibidas al nivel de opinión, son fragmentarias e indiferenciadas; ellas pueden testificar sobre los cambios realizados, pero no el proceso de cambio, ni las leyes de acción, ni incluso la dirección general de la evolución” (Crozier, 1964, p. 5).

Esta declaración ratifica la postura de esta tesis en el sentido de la debilidad de los pronósticos estadísticos que utilizan el análisis multivariante para tratar los procesos de emergencia y

³⁷ La ambigüedad está definida como lo que ocurre cuando un comportamiento, hecho, palabra o expresión puede entenderse o interpretarse de diferentes maneras. Es una característica en la vida de la toma de decisiones (March, 1994).

autoorganización propios de los sistemas complejos. Estas herramientas son las que se aplican en los modelos culturales clásicos que se presentan resumidamente a continuación.

Entre los modelos más conocidos se encuentra el OCI (Organizational Culture Inventory) elaborado por Denison con cuatro dimensiones: participación, consistencia, adaptabilidad y misión (Denison, Nieminen, Kotrba, & Lindsey, 2011). Denison pretende encontrar el nivel de *consistencia* que trata con la definición de los valores y sistemas que constituyen una cultura sólida en relación con la *adaptabilidad* que busca traducir las demandas del ambiente de negocios y también la visión *top-down* versus el *involucramiento* o *participación* bottom-up (Figura 3) que son dos paradojas que las organizaciones buscan mantener en balance (Ghinea & Bratianu, 2012). La *participación* se refiere a la construcción de capacidades y sentido de pertenencia. La *misión* se propone definir una orientación significativa a largo plazo para la organización. Esto se definiría como una extrapolación lineal, procedimiento que se aparta de la consideración del cambio, la emergencia y la evolución organizacional cuestiones que pueden ser mejor visualizadas y explicadas a través de la complejidad.



Figura 3 El Modelo OCI de Denison

Fuente: <https://www.denisonconsulting.com/>

Por su parte Cameron & Quinn (2006) proponen un modelo llamado OCAI (Organizational Culture Assessment Instrument) con cuatro tipos de cultura: a) *Cultura de Clan* en donde la organización es un lugar amigable para trabajar y donde las personas comparten intensamente. b) *Cultura Adhocrática* como un espacio dinámico y creativo para trabajar, las personas toman riesgos. c) *Cultura de Mercado* define una organización orientada a los resultados, la principal preocupación es realizar su trabajo; d) *Cultura Jerárquica* para un lugar de trabajo muy formalizado y estructurado, los líderes se sienten orgullosos de ser buenos coordinadores y organizadores (Cameron & Quinn, 2006). La evaluación permite conocer tanto la cultura actual como la cultura deseada por los miembros institucionales (Figura 4).

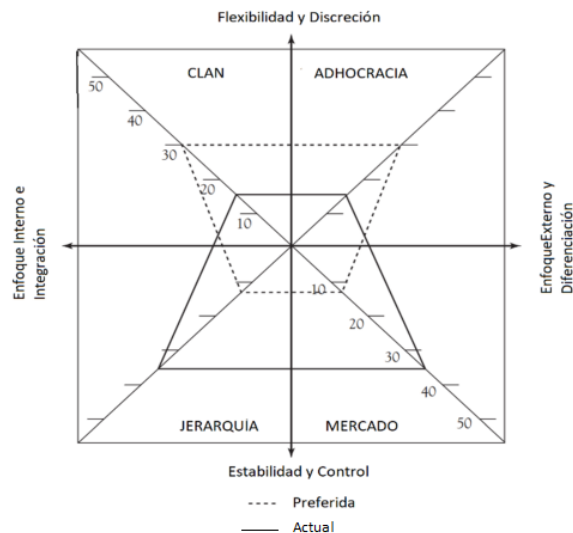


Figura 4 El Modelo OCAI de Cameron & Quinn

Fuente: Adaptado de (Cameron & Quinn, 2006)

Hofstede (1987) realizó un estudio sobre cultura transnacional en las subsidiarias internacionales de IBM. Este autor define la cultura como una programación mental colectiva. Encontró cuatro dimensiones básicas de la cultura organizacional suficientes para diferenciar las culturas de la investigación: distancia al poder, individualismo/colectivismo, masculinidad/feminidad, aversión al riesgo, orientación de largo plazo/corto plazo, y últimamente indulgencia/restricción (Hofstede, 1987).

En 1970, Stanley Herman utilizó la imagen de un iceberg (Figura 5) para llamar la atención sobre los factores que influyen como las personas hacen las cosas en las diferentes organizaciones sociales que denominó el iceberg cultural.



Figura 5 El Iceberg Cultural de Herman

Fuente: Adaptado de (Ghinea & Bratianu, 2012)

La parte superior, fuera del agua, muestra los aspectos visibles y formales de la organización (sistemas, estructuras, políticas y tecnologías) y representa *la forma como nosotros decimos que*

hacemos las cosas. La parte inferior, bajo el agua, contiene los aspectos invisibles o informales de la organización y representa *la manera en que nosotros realmente hacemos las cosas* (Ghinea & Bratianu, 2012). Aquí, ocultas se encuentran las fuerzas informales que moldean lo que realmente sucede en la práctica, *para bien o para mal*.

Robert A. Cooke & J. Clayton Lafferty diseñaron el Organizational Culture Inventory (OCI) en Human Synergistics International, como una herramienta para consultoría y propósitos de cambio organizacional (Balthazard et al., 2006). Este es un instrumento cuantitativo (Figura 6) que mide doce conjuntos de normas comportacionales para tres tipos de cultura organizacional: 1) Constructiva; 2) Pasiva/Defensiva y; 3) Agresiva /Defensiva. Las dos normas comportacionales se preocupan por las personas en primera instancia y en un segundo lugar se preocupan por las tareas (Cooke & Szumal, 2013)

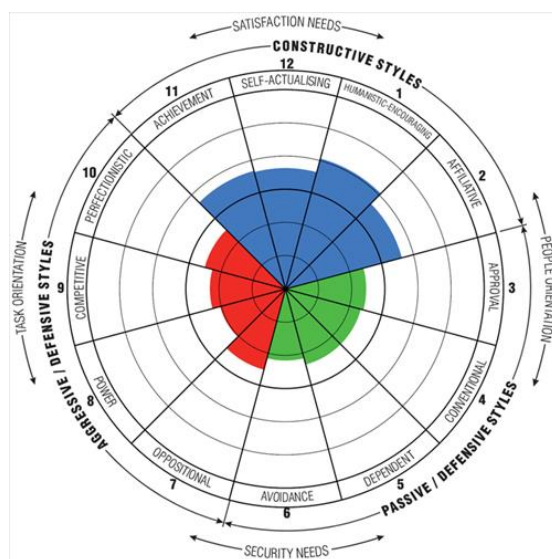


Figura 6 El Modelo de Cultura Organizacional de Cooke & Lafferty

Fuente:

<https://www.google.com.co/search?q=organisational+culture+inventory&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwihudnxg8jVAhUBwmMKHer2Di0QsAQIUQ&biw=1544&bih=690#imgsrc=F8qiTASqMTWBGM>

Bernard Bass & Bruce Avolio han concebido un modelo bien diferente de cultura organizacional (Figura 7). Este modelo se encuentra conformado por siete elementos: 1) Cultura organizacional de cabotaje; 2) Cultura organizacional flojamente guiada; 3) Cultura organizacional predominante y moderadamente burocrática; 4) Cultura de peatones; 5) Bote de basura; 6) Cultura organizacional de alto contraste y; 7) Cultura organizacional predominante y moderadamente de 4 I's.

El instrumento para la recolección de datos es el ODQ (Organizational Description Questionnaire) un formulario con 28 ítems, apropiado para explorar las relaciones entre los estilos de liderazgo y la cultura organizacional utilizando liderazgo transformacional y transaccional (Ghinea & Bratianu, 2012).

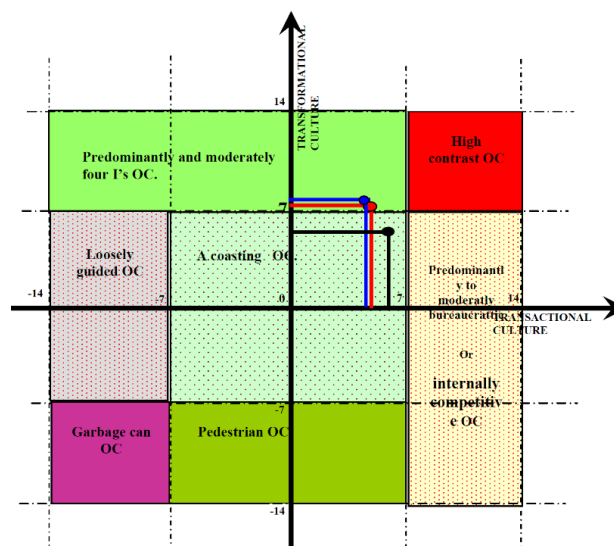


Figura 7 El Modelo de Cultura Organizacional ODQ de Bruce & Avolio

Fuente: (Ghinea & Bratianu, 2012)

Inspirándose en la antropología Aktouff (2002) propone un modelo de la cultura organizacional de corte humanista radical en donde la cultura es concebida como un sistema de representaciones heterogéneo que se fundamenta en que la cultura (Aktouf, 2002):

- Es un conjunto complejo y multidisciplinario de casi todo aquello que constituye la vida en común en los grupos sociales.
- Implica una interdependencia entre historia, estructura, condiciones de vida, y vivencias subjetivas de las personas.
- Es un conjunto de elementos en relaciones dialécticas constantes: concretas, económicas, sociales y simbólicas.
- Puede ser una cultura de oposición o de diferencias al interior de una misma comunidad.
- Es algo compleja y selectiva, constituida de representaciones elementales relacionando lo material y lo inmaterial.
- Está organizada, sostenida y mantenida por elementos constitutivos indispensable y universales, entre ellos en particular el mito.

El contexto de la cultura organizacional es importante, lo que conlleva a que la emergencia de subculturas pueda originarse en las bases de la sociedad, de las estructuras culturales de los miembros y del funcionamiento y grado de organizamiento del conglomerado estudiado.

A nivel nacional se destaca el marco de referencia de la cultura organizacional elaborado por Zapata & Rodríguez (2008). Es un modelo antropológico que intenta el estudio y aplicación exhaustiva de todos los componentes de la cultura, dada la gran cantidad de autores y desde una perspectiva interdisciplinaria. El modelo se acerca a la concepción Weberiana de los tipos ideales (Tabla 5). Se tiene en consideración la complejidad de la cultura organizacional. Está compuesto por 13 dimensiones o componentes como se presenta en la (Zapata, Domínguez & Rodríguez Ramírez, 2008; Zapata D. et al., 2008; Zapata Domínguez, 2008). En cuanto a los trabajos de corte

cualitativo la práctica etnográfica es la herramienta preferida. Involucra descripciones detalladas de sucesos, personas, interacciones y comportamientos que pueden ser observados, también es importante, a través de la expresión verbal de las personas, indagar sobre sus percepciones, experiencias, creencias, pensamientos y reflexiones. Se desea capturar el sentido de los individuos sobre sus actos, sus ideas y el mundo en que habitan (Barbolla Diz et al., 2010).

Tabla 5 El Modelo de la Cultura Organizacional de Zapata & Rodríguez

COMPONENTES	VARIABLES Y RASGOS
Historia de la empresa	El fundador, evolución de estrategias y estructuras, mitos, etapas y logros de la organización
Cultura externa	Contexto local, regional y nacional del entorno
Proyecto de empresa	Misión, visión, principios, valores, credo organizacional
Lenguaje	Lengua, habla, lenguaje, palabras, comunicación, jerga, refranes populares
Sistema de producción de bienes materiales	Actividad de la empresa, función, técnica, oficio, productos y subproductos
Sistema de producción de bienes inmateriales	Signos, símbolos, mitos, brujerías, representaciones, imaginario, magia, ideologías, educación y creencias
Sistema de producción social	Ritos, ceremonias, hechos sociales, eventos, normas, reglas, control social, comportamientos, conductas
Relaciones interpersonales	Distancia jerárquica, clima organizacional, conflicto, interés individual/colectivo, masculino/femenino
Relaciones de parentesco	Parentesco, afiliación, influencias, relaciones de negocios
Relaciones de poder	Intereses, conflicto, poder, jerarquías, fuentes de poder, legal, tradicional y carismático
Estilos de dirección y liderazgo	Modos de ser mítico, sistemático, pragmático, relacional, carismático, tradicional, democrático, etc.
Subculturas	Público o privado, profesión o formación, funcional, estructuras y niveles, etnias, religiones, actividad política
Identidad	Global, nacional, local e individual, consigo mismo, con el otro, con los demás, trascendencia

Fuente: (Zapata D. et al., 2008)

Cómo puede determinarse todos estos procedimientos revelan en alguna medida el estado del constructo cultural, pero no explican cómo se ha llegado a una situación determinada. La investigación clásica basada en los dos paradigmas tradicionales ha empleado metodologías cualitativas y cuantitativas con buenos aportes en diversos campos.

Pero, en las ciencias sociales en donde las personas se observan el uno al otro, se hablan entre sí, aprenden de los demás, son influenciados e influyen a los demás, las condiciones que realmente operan son de interdependencia. Por tanto, los investigadores deberían tomar en cuenta que los *eventos extremos* son parte del mundo social y que:

“los hallazgos estadísticos, por tanto, no debieran ser aceptados en los negocios, las organizaciones o la administración si ellos ganan significancia vía algún dispositivo de suposiciones a través del cual los eventos extremos y (necesariamente) la varianza infinita son ignorados”(Andriani & McKelvey, 2006, p. 1212).

Lo que fortalece la idea propugnada en esta tesis de insuficiencia de los métodos clásicos cuando se hacen inferencias sustentadas en los métodos multivariantes, por ejemplo. La denegación de estas realidades puede conducir a los profesionales y consultores a emitir juicios inconvenientes y recomendaciones equívocas a los administradores. Todos los modelos y marcos referenciales revisados anteriormente utilizan metodología inductiva, o deductiva, métodos cuantitativos y cualitativos, e instrumentos como cuestionarios, encuestas, entrevistas y, observaciones provenientes de la escuela clásica. Una práctica común consiste en la utilización de la mezcla de los métodos cualitativos y cuantitativos, que se denomina *triangulación*. A pesar de los intentos de integración de los dos métodos para obtener simultáneamente los beneficios de cada uno de ellos, los estudios basados en las metodologías clásicas no permiten extraer información sobre la emergencia y la evolución cultural, es decir sobre fenómenos dinámicos no lineales.

En estos trabajos se incorporan concepciones *lineales*, *reduccionistas*³⁸ y *deterministas*³⁹ lo cual aleja los resultados de la realidad del fenómeno de la cultura organizacional, ya que esta evidencia comportamientos complejos con alto grado de ambigüedad, incertidumbre e indeterminación. A este respecto es pertinente remarcar que los sistemas lineales existen más bien en la teoría que en la práctica, los sistemas vivos y las fuerzas de la naturaleza presentan comportamientos no-lineales.

Otros investigadores presentan criterios más actualizados para la cultura organizacional que se perfilan en coincidencia con la concepción de la cultura organizacional como un sistema complejo adaptativo. Para Bratianu (2008, 2011) la cultura organizacional se comporta como un poderoso *integrador no lineal* del capital intelectual de una organización ya que tiene efectos sobre la inteligencia individual y los valores del individuo, generando el espíritu de la excelencia. Un integrador es:

“un poderoso campo de fuerzas capaz de combinar dos o más elementos en una nueva entidad, basado en interdependencia y sinergia. Esos elementos pueden tener una naturaleza física o virtual, y poseen la capacidad de interactuar en una forma controlada”(Bratianu, 2008, p. 5).

³⁸ El reduccionismo es una tendencia del pensamiento que indica que las propiedades de un sistema como un todo se pueden explicar por las leyes y propiedades de las partes. “El todo no es más que la suma de las partes”. El conocimiento de lo complejo tiene que producirse a través de sus partes más simples (Viniestra Velázquez, 2014).

³⁹ El determinismo se refiere a la conexión necesaria de todos los sucesos y fenómenos y de su condicionamiento causal. “Consiste en creer que el pasado contiene al presente y que ambos contienen y determinan el futuro.... creer que grandes causas originan grandes efectos...que, si se reúnen las condiciones para que un fenómeno tenga lugar, entonces sucederá obligatoriamente. Implica una filosofía determinada, que es el reduccionismo. Así ser deterministas equivale a ser reduccionistas...” (Carlos Eduardo Maldonado, 2016). Además, niega el libre albedrío y, por tanto la libertad y la responsabilidad individual. El determinismo físico es sustentado por los reduccionistas, conductistas o behavioristas que niegan los estados de consciencia o estados mentales. En la teoría del caos no se puede anticipar con precisión el devenir de los sucesos en razón a la no-linealidad inherente. No existe una relación causa-efecto directa, sino, relaciones mutuas no-lineales en donde una causa genera otras causas como efectos en cadena que a su vez dan origen a otros resultados (Lynch Benegas, 2009).

La *interdependencia* permite la mezcla de todos los elementos dentro del sistema, la *sinergia* es la propiedad que hace la diferencia entre un sistema lineal y otro no lineal, se refiere a la capacidad para producir energía extra proveniente del sistema de trabajo. En sistemas lineales la respuesta se puede obtener por la sumatoria de las respuestas individuales. En un sistema no lineal es posible que la respuesta final sea mayor que la simple suma de las respuestas individuales (Bratianu, 2011).

Además, todos los modelos revisados presentan una visión estática de la cultura organizacional, crean una imagen de la cultura en un punto determinado del tiempo y en raras ocasiones sugieren una potencial evolución (Ghinea & Bratianu, 2012). La instantaneidad de sus apreciaciones al examinar el comportamiento colectivo desde percepciones y medidas de muestras ignora la emergencia y evolución del fenómeno y se traduce en imágenes instantáneas de la cultura organizacional. El tiempo no aparece reflejado en estos estudios y se procede a realizar interpolaciones o extrapolaciones con el fin de conseguir predicciones para instantes dentro o fuera de los conjuntos de datos obtenidos para diferentes momentos.

En consideración a los vacíos que evidencia el estudio de la cultura organizacional a través de las metodologías clásicas, diferentes autores han propuesto el estudio del fenómeno de la cultura organizacional desde nuevas visiones tratando de superar los escollos evidenciados. La no-linealidad del fenómeno cultural organizacional, su marcada incertidumbre e indeterminación y sus características de emergencia y evolución hacen que las ciencias de la complejidad sean una posible alternativa para su estudio. La teoría del caos, como ejemplo, ha servido como marco de trabajo para algunos autores. También, la existencia de un atractor⁴⁰ en cada organización sugiere un patrón estable de comportamiento organizacional que puede ser perturbado pero que en el tiempo recupera su estado original. Desde esta postura la cultura organizacional tendría un componente de auto-sostenimiento y otro de adaptación que son complementarios. El componente de auto-sostenimiento refleja lo que la organización *es* y el componente adaptativo evidencia lo que la organización *tiene* (Svyantek & DeSHON, 1993).

A este respecto los avances de las ciencias de la complejidad en la antropología y las ciencias sociales son prometedores (Miceli et al., 2006). El estudio de los sistemas complejos reviste la presencia de conceptos generales que no dependen del contexto. Debido a estos alcances es posible representar las sociedades como sistemas complejos adaptativos en modelos formales. Para avanzar en esta trayectoria es indispensable arribar a las técnicas computacionales (Vivanco Arancibia, 2007) utilizando los modelos basados en ecuaciones (MBE) y modelos basados en agentes (MBA).

⁴⁰ Un *atractor* se entiende como un conjunto al que convergen todas las trayectorias vecinas, En los sistemas dinámicos no lineales, la influencia de la estructura del sistema y de las condiciones iniciales posibilitan respuestas sorprendentes (Devaney, 2003; Strogatz, 2000).

2.4 Marco Teórico de la Complejidad: Principios y Teorías Asociadas

Henry Poincaré (1914) es uno de los pioneros en el campo de la complejidad con sus investigaciones en los años tempranos del Siglo XIX. Promulgó que los sistemas dinámicos no lineales presentan comportamientos en donde el orden y el desorden, el determinismo y la aleatoriedad se manifiestan simultáneamente. También planteó las ideas de lo que luego se llamó el efecto mariposa⁴¹:

“una causa muy pequeña, que se nos escapa, determina un efecto considerable que no podemos dejar de ver y entonces decimos que ese efecto se debe al azar” (Poincaré, 1914, p. 67).

Estas manifestaciones de la no linealidad entre las causas y los efectos hacen imposibles las predicciones al largo plazo (Lorentz, 1963). Poincaré escribió que esa manifestación del azar es el resultado de:

- 1) La sensibilidad a las condiciones iniciales, que implica que, aunque las leyes que gobiernan un sistema sean conocidas, pequeñas diferencias iniciales pueden causar grandes efectos sobre los resultados en la medida en que transcurre el tiempo y;
- 2) La complejidad de las causas, ya que el aislamiento del sistema para su análisis implica ignorar muchas de las influencias a las cuales verdaderamente está sometido.

Los trabajos de Poincaré son fundacionales para el estudio de los sistemas dinámicos y las matemáticas de la complejidad. Por más de 60 años su trabajo sobre sistemas no lineales estuvo ignorado. La dificultad de los cálculos numéricos que debían hacerse manualmente en su época, fue uno de los impedimentos que tuvo para el avance de su visión (Samethband, 1999). En esos principios del Siglo XX Hilbert y otros matemáticos quisieron demostrar que las matemáticas se correspondían con un sistema deductivo, cerrado. Alan Turing y Kurt Gödel echaron por tierra las pretensiones de axiomatización de las matemáticas de Hilbert. Entonces, los conceptos de sistemas alejados del equilibrio, inestabilidades, fluctuaciones, bifurcaciones, etc., que son parte de las ciencias de la complejidad, adquieren relevancia notoria y surgen como temas importantes de estudio (Maldonado, 2005).

Las ciencias de la complejidad no corresponden a una teoría única, sino que son el resultado del desarrollo en diferentes campos particulares de la ciencia que estudia los sistemas complejos tales como la física, las matemáticas, la sociología, la biología, la química (Kauffman, 1995, 1993) la simulación computarizada, la inteligencia artificial y la evolución (Mitleton-Kelly & Land, 2004), que simbolizan el reconocimiento de las limitaciones del paradigma lineal newtoniano cuando se aplica a sistemas complejos. Entre los conceptos claves de la complejidad se encuentran la emergencia, la interdependencia, la no linealidad y la multicausalidad, que se aprecian como herramientas importantes para el estudio de las organizaciones y de la diversidad y el cambio en una perspectiva amplia (Walby, 2003; Mitleton-Kelly, 2003; Stacey, 1996). Las teorías de la complejidad están relacionadas con la impredecibilidad y la pérdida de las conexiones lineales

⁴¹ La idea de que el aleteo de una mariposa en Brasil podría provocar un huracán en los Estados Unidos (Cardozo Brum, 2011).

causa-efecto en la vida organizacional. De esta manera la complejidad no produce soluciones, sino que proporciona modificaciones al brindar nuevas formas de mirar la realidad organizacional mediante el desarrollo de prácticas innovadoras en el contexto complejo de aplicación (Bento, 2013) que aportan a la efectividad de las empresas.

2.4.1 La complejidad y la teoría general de sistemas. La complejidad conlleva una novedad que se manifiesta como un quiebre o discontinuidad en la historia de la ciencia, es decir, en la racionalidad occidental cuando aparece como un paradigma científico emergente que implica un nuevo modo de hacer y entender la ciencia, trasladando las fronteras de la científicidad, más allá de los criterios mecanicistas, deterministas y reduccionistas de la ciencia moderna (Rodríguez Zoya & Leónidas Aguirre, 2011).

Las ciencias de la complejidad tienen su génesis en la Teoría General de los Sistemas (TGS) propugnada por Ludwig von Bertalanffy en el año 1947. Este autor propone un sistema como *un complejo de elementos interactuantes*. Expone una ciencia general de *totalidades* formando grupos que tienen características y relaciones propias (Laszlo, 2002), que contrasta con el *reduccionismo* de la ciencia clásica y que él denomina como *perspectivismo*, argumentando que “*no es posible reducir los niveles biológico, del comportamiento y social al nivel más bajo de las construcciones y leyes de la física*”⁴² (Bertalanffy, 1993). Por sistema se entiende (Ackoff, 2004) un conjunto de varios elementos como:

“un todo que no puede ser dividido en partes independientes. Por lo que se deduce que cada parte de un sistema tiene propiedades que se disipan cuando se aíslan del sistema, y cada sistema posee propiedades esenciales que no poseen ninguna de sus partes” (Ackoff, 2004, p. 29).

Este sistema cumple que:

1. *La conducta de cada elemento tiene efecto sobre el comportamiento del todo*
2. *La conducta de los elementos y sus efectos sobre el todo son interdependientes*
3. *Sin importar como se formen los subgrupos de elementos, cada uno tiene un efecto sobre la conducta del todo, y ninguno tiene un efecto independiente sobre él.*

La premisa del pensamiento mecanicista clásico fundamentado en la relación causa-efecto simple y directa de *un todo exactamente igual a la suma de las partes* que proviene del paradigma analítico, resulta insuficiente para explicar el sistema como totalidad ya que cuando los elementos de un sistema son aislados este pierde sus propiedades esenciales. A decir de Ackoff (2004) “*un sistema es un todo que no puede ser comprendido por medio del análisis*”. Otro método es necesario para lograr la comprensión del comportamiento y las propiedades de los sistemas: *la síntesis*, que se ocupa de “*poner juntas las cosas*”, es la piedra angular del pensamiento sistémico. Pero para la visión sistémica *el análisis y la síntesis* son procesos complementarios que deben combinarse. *El análisis* se centra sobre la estructura y revela cómo trabajan las cosas, generando

⁴² El fisicalismo es una doctrina de lo real. Todo lo que existe concreto es físico, todas las propiedades mentales son instanciadas en particulares físicos (Kim, 2014).

conocimiento, *la síntesis* se ocupa de la función generando comprensión. *El análisis* permite describir, en tanto que *la síntesis* permite explicar (Ackoff, 2004).

El objeto de estudio de la Teoría General de Sistemas se halla en las complejidades no organizadas con fuertes raíces en el azar y la probabilidad y en la segunda ley de la termodinámica (Navarro Cid, 2001). Un tema recurrente en el trabajo con la TGS es el antagonismo entre lo que se considera como sistema aislado, abierto y sistema cerrado. Esta contienda se fundamenta en el tipo de relación que mantiene cada sistema con el entorno y su importancia para la formación de sistemas complejos. Su impacto es de tal magnitud que en alguna manera se considera fundacional de la teoría sistémica de hoy (De la Reza, 2010). Se han definido diferentes categorías de sistemas, en general basándose en la capacidad e intercambio de materia, energía e información. Para los fines de esta investigación se realiza una corta exposición de estas (Ackoff, 2004).

En referencia al procesamiento de los recursos:

- *Estático*. No suceden eventos, el estado actual no se modifica.
- *Dinámico*. Es un sistema en donde ocurren eventos, denominado también de estados múltiples.

En cuanto a sus propiedades de intercambio como sistema:

- *Aislado*. No sucede ningún intercambio de energía, materia o información. El universo como totalidad es un ejemplo.
- *Cerrado*. Es un sistema totalmente autocontenido, solo puede intercambiar energía con el medio, no materia ni información. Ocurren interacciones entre sus elementos internos.
- *Abierto*. Este sistema tiene un medio para su operación. Se producen interacciones internas y de intercambio de energía, materia e información con el medio. Aquí se encuentran los sistemas vivos.

Para el trabajo en esta investigación no tienen importancia los sistemas cerrados, ni los sistemas estáticos. Tampoco se consideran los sistemas aislados. Solo son importantes los sistemas dinámicos y abiertos. A propósito de las diferencias entre la teoría de sistemas y las teorías de la complejidad es oportuno mencionar que hay una terminología común entre las dos teorías lo cual sugiere un solapamiento conceptual. Algunos términos como *sistema*, *dinámica*, *emergencia*, *no lineal*, *adaptativo*, tienen la misma significación en ambas teorías. Además, ambas teorías promulgan la existencia de principios universales que subyacen el comportamiento de todos los sistemas. La teoría general de sistemas se concentra en el análisis confirmatorio, lo que contrasta fuertemente con la naturaleza exploratoria del trabajo en complejidad, pero los teóricos de la complejidad están más interesados en la indagación y explicación, que en la resolución de problemas. En todo caso, el concepto de sistema es central a los desarrollos en las ciencias de la complejidad (Phelan, 1999). Ben Ramalingam & otros (2008) han presentado una síntesis sobre algunas similitudes y diferencias entre los enfoques de la complejidad y la teoría de sistemas (Ramalingam et al., 2008) que se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6 Diferencias y Similitudes entre Pensamiento Sistémico y la Complejidad

EL PENSAMIENTO SISTÉMICO	LA COMPLEJIDAD
a) Asume que los sistemas tienen reglas dominantes que pueden ser usadas para calcular el equilibrio potencial	Enfatiza que el sistema tiende a desafiar el equilibrio calculado
b) Ve que los sistemas tienen algún tipo de "sistema de control" que proporciona orientación y formas	Reconoce la posibilidad de la auto organización
c) Sugiere que los elementos en un sistema se pueden entender como elementos y símbolos aislados	Obliga a considerar la interdependencia de la naturaleza/significado de los elementos individuales y su contexto
d) Asume que los sistemas proponen procesos racionales y resultados predecibles, aunque a través de medios complicados	Reconoce que las soluciones se obtienen a través de procesos dinámicos que probablemente no resulten en una conclusión
e) Asume que los sistemas cambian sus estructuras de acuerdo con el aprendizaje basado en reglas	Reconoce que el cambio es perpetuo, por lo que el aprendizaje es un factor constante

Fuente: (Ramalingam et al., 2008)

2.4.2 Las concepciones de la complejidad. La literatura Antes de proseguir, es importante hacer claridad sobre las diferentes concepciones ligadas al término complejidad si se tiene en cuenta que aparece como un adjetivo o un adverbio en muchos contextos diferentes (Erdi, 2010; Maldonado, 2001; Maldonado & Gómez C., 2011). Se presentan tres vías distintas de pensamiento que son articuladores de lo que estos autores denominan *la lógica de la complejidad*:

1. **Como Método.** Es la línea de más popularidad. No utiliza generalmente dispositivos matemáticos, físicos o biológicos. Tampoco es muy prolija en cuanto al tratamiento de las ciencias computacionales o las teorías de la información. Se ocupa del *pensamiento complejo*, temática generada por la obra de (Morin, 1995) en donde *lo complejo* toma el matiz de adjetivo o adverbio. Su dificultad radica en que la complejidad en términos de método se sujeta a una hermenéutica del mundo y de la vida. Se evidencian vacíos importantes en la interpretación de la lógica que deterioran la propuesta de la escuela del pensamiento complejo.

2. **Como Cosmovisión.** Se denomina teoría, enfoque o *pensamiento sistémico*, que es diferente a la complejidad como ciencia. Su estructuración se debe principalmente a científicos como Bertalanffy, von Foester y R. Ashby de la Escuela de Palo Alto. Se reconoce que existen *sistemas cerrados*, lo cual se considera un desliz grave por parte de esta teoría ya que esta aceptación está en franco antagonismo con la complejidad como ciencia, que solo acepta la existencia de sistemas abiertos como producto de los postulados de la termodinámica del no equilibrio. Al igual que en el caso del pensamiento complejo, los términos complejo y

complejidad tienen la connotación de adjetivo o adverbio, como atributos de los fenómenos y los sistemas (Maldonado, 2001; Maldonado & Gómez C., 2011).

3. **Como Ciencia o Ciencias de la complejidad.** Esta concepción es diferente a las dos anteriores, no es la línea de mayor acogida tal vez por su lenguaje matemático, el uso de la teoría de la información y las ciencias computacionales. Es la línea más extensa, acoge la no linealidad, la geometría fractal, el caos, los atractores, las bifurcaciones, las estructuras disipativas, la autoorganización, las lógicas no clásicas, los sistemas abiertos, la inteligencia artificial, la vida artificial y las redes complejas entre sus conceptos y problemas. Han trabajado en esta área científicos asociados con el Santa Fe Institute como Ilya Prigogine (1961, 1988, 1997); Stuart Kauffman (1993, 1995, 2003, 2014); John Holland (1995, 1999); Peer Bak (1996); Steven Strogatz (2000); Chris Langton (1998); Murray Gell-Mann (1995, 1996, 2007), también algunos científicos europeos como Ilya Prigogine (1961, 1997, 1998); Axelrod (1997, 1999, 2005); Gregoire Nicolis (1987). Se reconoce que los sistemas complejos son dinámicos y de complejidad creciente, lo que implica evolución, sorpresa y emergencia.

Maldonado (2001) presenta un estudio de la lógica de la complejidad que, desde la filosofía de la ciencia, amplía y caracteriza cada una de las vertientes anteriores. En concreto dice, que la complejidad como ciencia tiene como rasgo fundamental *la comprensión de la vida tal y como es y paralelamente tal y como podría ser*. Como problema general, la complejidad trata *la explicación del mundo*, lo que corresponde a una tarea científica y por tanto epistémica (Maldonado, 2001). Definir la complejidad es un problema en sí mismo. Existe una cantidad de definiciones y el debate continúa. Binder (2001) sustenta esta afirmación cuando presenta cuatro puntos de vista o marcos teóricos que resultan complementarios: en su diversidad de rigor matemático o físico, en las diferentes posturas para la consideración del observador, en su referencia al modelamiento y simulación y en sus posibles promesas. La proporción de tres componentes para explicar el mundo (*representación, información e inferencia*) ajusta la definición de complejidad (Binder, 2001).

La complejidad, o ciencias de la complejidad⁴³ corresponden a un enfoque interdisciplinario que comprende una colección de conceptos, proposiciones, ideas, principios e influencias que provienen de distintos cuerpos del conocimiento, que han surgido y se han ido integrando durante el Siglo XX, haciendo difícil una definición. Es asociada generalmente con no linealidad, autoorganización, emergencia, operación lejos del equilibrio y sensibilidad a las condiciones iniciales (Lissack, 2002). Pero, la ciencias de la complejidad postulan que causas simples pueden producir efectos complejos, apartándose del holismo radical⁴⁴ propio de la Teoría General de Sistemas (TGS), más bien se buscan las reglas simples que subyacen a la complejidad (Phelan, 2002).

⁴³ Expresiones como Complejidad, Ciencias de la Complejidad, Ciencias de los Sistema Complejos, Teorías de la Complejidad y Paradigma de la Complejidad, son utilizadas como equivalentes en esta tesis.

⁴⁴ El holismo se refiere a la idea de que todo importa y todo debe ser tenido en cuenta. Es la manera de ver las cosas en su conjunto, en su totalidad, en su complejidad y sin fragmentación, de manera que se puedan percibir completamente sus interacciones, particularidades y procesos que no son detectables si se examinan por separado (González, 2007).

La investigación en las ciencias de la complejidad ha dado surgimiento a una ciencia *Post-normal* que no apunta al derrocamiento de la ciencia tradicional, sino que más bien busca sus raíces en la experiencia de la incertidumbre, la permanencia, la ambigüedad y el no determinismo (Obolensky, 2010). En esta tesis se adopta únicamente la vertiente de la complejidad como ciencia⁴⁵.

2.4.3 La naturaleza de la complejidad. La literatura La complejidad es un constructo multidimensional (Bozarth, Warsing, Flynn, & Flynn, 2009; Closs, Jacobs, Swink, & Webb, 2008) que no ha logrado todavía un acuerdo sobre su definición y que en el pasado ha sido confundido con ambigüedad, incertidumbre, novedad, dificultad y otros criterios que están relacionados a la complejidad pero son distintos de ella (Jacobs, 2013). A pesar de las dificultades, la complejidad ha sido definida de varias formas dependiendo del campo al que se intenta aplicar (Edmonds, 1995; Horgan, 1995; Gul & Khan, 2011).

El Instituto Santa Fe⁴⁶ (SFI), cuna de los estudios sobre ciencias de la complejidad, suministra una descripción:

“La complejidad hace referencia a la condición del universo, integrado y a la vez demasiado rico y variado para que podamos entenderlo mediante los habituales métodos simples mecánicos o lineales. Mediante tales métodos podemos entender muchas partes del universo, pero los fenómenos más amplios y más intrínsecamente relacionados sólo pueden entenderse a través de principios y pautas; no detalladamente. La complejidad trata de la naturaleza de la emergencia, la innovación, el aprendizaje y la adaptación” <https://www.santafe.edu/>.

Mikulecky (2006) ha presentado una definición:

“Complejidad es la propiedad de un sistema del mundo real que se manifiesta en la incapacidad de cualquier formalismo para ser adecuado para capturar todas sus propiedades. Esto requiere que nosotros encontremos distintas, diferentes maneras de interactuar con los sistemas. Distintas, diferentes en el sentido que cuando construimos modelos exitosos el sistema formal necesita describir cada aspecto distinto NO derivable de otros” (Mikulecky, 2006, p. 1).

Como las anteriores enunciaciones, existen múltiples definiciones de complejidad, pero resultan insuficientes de un modo u otro para abarcar todos los atributos de la complejidad (Heylighen, 1996). No hay una definición universalmente aceptada que pueda responder las preguntas fundamentales de la complejidad, debido a que todavía no hay una ciencia de la complejidad unificada, sino, que son varias las ciencias de la complejidad y cada una aporta sus nociones de lo que significa. Es posible que en el futuro se logren aislar los aspectos fundamentales de la complejidad e integrarlos en una teoría que involucre todos los criterios de lo que hoy se denomina *fenómenos complejos* (Mitchel, 2009).

Se debe tener en cuenta que, por su misma naturaleza, las ciencias de la complejidad no se describen a través de definiciones. Una forma apropiada para caracterizar la complejidad consiste

⁴⁵ En adelante esta tesis solo considera para su desarrollo, la complejidad como ciencia o ciencias.

⁴⁶ El Instituto Santa Fe (SFI) es una organización privada de investigación multidisciplinar fundada en 1984 sin ánimo de lucro, dedicada al estudio de la complejidad y la educación a nivel mundial, <https://www.santafe.edu/>.

en la descripción de las particularidades de un sistema, fenómeno o comportamiento complejo. Porque, pese a la falta de consenso entre los estudiosos de la complejidad sobre una definición, lo que sí se distingue es la unanimidad de criterios en cuanto a las propiedades de un sistema complejo (Maldonado, 2007; Maldonado, 2016b).

La complejidad desarrollada en unas pocas décadas anteriores aparece como relevante para el estudio de un gran número de fenómenos en todas las escalas, no únicamente a nivel cósmico o subatómico. Así, intenta examinar los fenómenos colectivos como la evolución de la vida, la formación de estructuras en todos los tipos de sociedad, la aparición de nuevas formas de agregación social, los *cambios de fase* como las revoluciones culturales, políticas y económicas. Las ciencias de la complejidad permiten explicar, incluyendo propiedades sistémicas, como en un sistema dinámico puede emerger un proceso de autoorganización en un sistema que está alejado del equilibrio, sin la intervención de ningún operador externo (Bertuglia & Vaio, 2005). La complejidad muestra que los sistemas son creativos cuando se encuentran evolucionando en una zona denominada el *filo del caos* (Lewin & Regine, 2002; Kauffman, 1995; Waldrop, 1994).

Las *ciencias de la complejidad* se concentran en la incertidumbre, en la impredeción, en la aleatoriedad y abandonan el reduccionismo y la predicción considerándolos como criterios de segunda clase, modificando la forma en que los científicos ven el mundo (Grobman, 2005). No corresponden a un objeto, estos quedan relegados a los procesos; tampoco se concretan en un campo de estudio. Se ocupan de problemas de gran importancia, envergadura y alcance que no pueden ser explicados convenientemente mediante las técnicas y conceptos de una sola ciencia, sino que convocan al trabajo interdisciplinar, a distintos tipos y disciplinas de investigación (Maldonado, 2009). Es decir, al examen de problemas imposibles de abordar y menos de resolver a partir de fundamentaciones unidisciplinarias (Maldonado, 2013a). Las ciencias de la complejidad *son ciencias de lo posible, más que de lo real*, a diferencia de la ciencia normal. El trabajo con las posibilidades conduce a pensar bien, pensar hasta en lo imposible (Maldonado, 2015).

En este trasegar a veces se presentan puntos de vista contradictorios entre estudiosos del tema quienes pueden tener diferentes fundamentaciones incluyendo a científicos que provienen de diferentes disciplinas como las matemáticas, la economía, la ingeniería, la física, la filosofía, la sociología, la biología, la ciencia de los computadores, la química, etc. Esta diferencia de criterios puede ser vista como beneficiosa para la comprensión del concepto ya que provee diferentes descripciones del mismo fenómeno desde diferentes perspectivas. El término *complejidad* es derivado del latín *plexus* que significa *trenzado, entrelazado o entretelado* (Gell-Mann, 1996).

Las *ciencias de la complejidad* pueden brindar mejores descripciones y entendimientos a las obtenidas por medio de las metodologías tradicionales para el estudio de las dinámicas y los procesos de cambio de los fenómenos físicos y biológicos (Ramalingam et al., 2008). También se incluyen fenómenos sociales, económicos y políticos. Berreby (1998) indica que las ciencias de la complejidad constituyen un campo de vanguardia de las ciencias y las matemáticas y presenta como una idea central de la complejidad que:

“el control riguroso de un sistema complejo es imposible.... La idea de una dirección centralizada de "mando y control" se extingue no sólo como un modelo para la fabricación, el servicio y la gestión, sino como una herramienta intelectual para comprender la psicología y la biología”(Berreby, 1998, p. 5).

La complejidad es un fenómeno ubicuo que se encuentra por todas partes, lo que hace su estudio muy atractivo ya que los conceptos de la complejidad pueden, en principio, ser aplicados a diferentes campos. Pero, las dificultades que surgen en su definición la alejan en algunas ocasiones de aplicaciones prácticas, lo que puede causar rechazo por parte de algunos investigadores pragmáticos.

2.4.3.1 El ciclo y la flecha del tiempo. Prigogine (1997) comenta que la reversibilidad del tiempo, es decir el pasado y el futuro tienen simetría, fue aceptada desde los tiempos de Galileo por disciplinas como la física, la mecánica cuántica y hasta la teoría de la relatividad (Prigogine, 1997). La aceptación de un tiempo reversible conduce a la concepción de un universo único infinito e inmóvil en donde se podría predecir determinísticamente las trayectorias adelante y atrás en el tiempo de un sistema si se conocen las condiciones iniciales (Nicolis & Prigogine, 1987; Prigogine, 1988). En la medida en que el tiempo transcurre nuestra vida esta signada por una aparente direccionalidad, desde el nacimiento hasta la muerte es manifiesta una dicotomía cuyas dos posturas, aunque antagónicas en principio, intentan entender la historia. Un extremo de la dicotomía está representado por *la flecha del tiempo* en donde la historia es una secuencia de sucesos irrepetible, irreversible. Todos los sucesos encadenados se desplazan en una única dirección. El otro extremo se ha bautizado como *el ciclo del tiempo* que predice las realidades del futuro como siendo las diferencias del pasado. “*El tiempo no tiene dirección*” (Gould, 1992).

A este respecto cabe precisar que las ciencias de la complejidad se dedican al estudio de los sistemas de *complejidad creciente*, entendidos estos como sistemas que evolucionan en el tiempo a través de fenómenos de aprendizaje y adaptación, que responden a la irreversibilidad del tiempo, es decir a la denominada *flecha del tiempo* y que se encuentran *lejos del equilibrio* (Prigogine, 1997). Otros sistemas, fenómenos y comportamientos *sencillamente complejos, de complejidad decreciente* o con dinámicas de *complejidad estable* no son del interés de las ciencias de la complejidad. Para Maldonado (2014) la diferenciación entre los sistemas *sencillamente complejos* y los de *complejidad creciente* representa la frontera entre las ciencias de la complejidad y otras disciplinas afines (Maldonado, 2014).

El paradigma de la complejidad utiliza la investigación para construir representaciones de la realidad borrosa, polivalente, multi-nivel y multi-disciplinaria. Los sistemas pueden ser comprendidos observando los patrones dentro de su complejidad, patrones que describen la evolución potencial del sistema (Dooley, 1996). Las caracterizaciones no son determinísticas resultan complementarias y en función del observador. Los sistemas evolucionan de forma natural entre puntos de equilibrio a través de una adaptación medio ambiental y de la autoorganización. El control y el orden emergen, no son predeterminados, no hay un control central.

Las ciencias de la complejidad proporcionan la oportunidad de nuevas visiones sobre diversos sistemas que no son completamente entendidos bajo los principios de las perspectivas tradicionales, desde los cuales algunos aspectos de los sistemas vivos son olvidados o abandonados (Zimmerman et al., 1998). También proveen nuevas ideas sobre la naturaleza y su funcionamiento (Capra, 2010). e ocupan de los fenómenos, comportamientos y sistemas para los cuales la ciencia normal parece agotada o insuficiente. El trabajo en complejidad se enfoca en la investigación y exploración de *espacios posibles*. En estos espacios se dan *transiciones de fase*, es decir cambios cualitativos en los fenómenos. La idea esencial en el trabajo con complejidad radica en “*la comprensión del desorden, las agitaciones, la espontaneidad y las organizaciones del mundo*” (Maldonado, 2012, p. 43).

2.4.4 Las ciencias o teorías asociadas a la complejidad. Las ciencias de la complejidad no conciernen a un cuerpo único y coherente de conocimiento, sino que se conforman por diferentes ramas de las ciencias inspiradas en dos trayectorias vinculadas a las cuestiones de cambio y diversidad. El cambio lleva inmersa la noción de coevolución de los sistemas complejos adaptativos que desplaza cualquier noción simple de impacto direccional. La diversidad involucra la noción de salto, de súbito, de puntos críticos de inflexión, donde pequeños cambios originan bifurcaciones y nuevas trayectorias de evolución que son auto-sostenidas (Walby, 2003). Las teorías de la complejidad corresponden a un desarrollo transdisciplinar, por tanto la transferencia de conceptos entre diferentes disciplinas debe ser muy cuidadosa (Capra, 2010). Las ciencias de la complejidad corresponden a una temática amplia y multidisciplinaria que es objeto de estudio en la biología, las ciencias sociales y en aplicaciones de la industria, entre otras. Ver Figura 8.

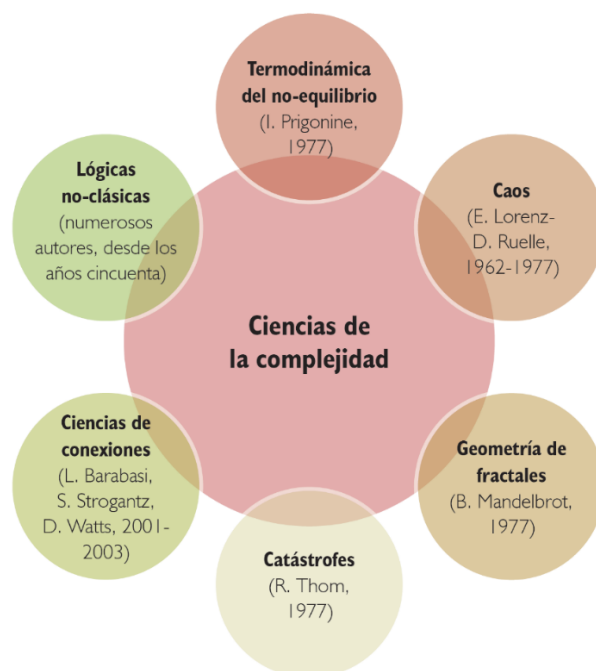


Figura 8 Las Ciencias de la Complejidad

Fuente: (Elizalde Prada, 2011)

Parece adecuado asumir que ha emergido una ciencia sustentada en varias teorías (Reátegui, 2009) que se constituye en un campo emergente interdisciplinario de investigación de los sistemas dinámicos en el mundo físico y natural. Las ciencias de la complejidad, en plural, en un marcado contraste con la ciencia clásica, agrupan un conjunto de diferentes disciplinas que se conjugan para dar salida a los problemas de los *sistemas de complejidad creciente*.

Las ciencias de la complejidad (ciencias, teorías y modelos para el estudio de los sistemas dinámicos no lineales) involucran *la termodinámica del no equilibrio, la geometría fractal, la no linealidad, la teoría de las catástrofes, las lógicas no clásicas, la teoría del caos, la vida artificial y la teoría de las redes complejas* (Maldonado, 2009). Estas ciencias tratan con fenómenos que son impredecibles, incontrolables y no parametrizables. Además no se pueden explicar desde la causalidad (Maldonado, 2013b).

2.4.4.1 La termodinámica del no equilibrio. La irreversibilidad es parte fundamental de la termodinámica actual, los sistemas dinámicos están lejos del equilibrio y no concuerdan con el equilibrio de la termodinámica clásica que conduce a la muerte y por tanto pueden sobrepasar la flecha del tiempo. La flecha del tiempo evidencia una estructura del tiempo cada vez más compleja que implica la imposibilidad de explicar el futuro de un sistema complejo. (Prigogine, 1961, 1997; Gell-Mann, 2007; Kauffman, 2003; Reátegui, 2009).

La biología enseña que el tiempo en lugar de contener pérdida, desgaste o muerte, proporciona la opción de creación y aprovechamiento de posibilidades, diversidad, robustez y vida. Así, la termodinámica clásica conduce al aumento de entropía, a la muerte con su respectiva irreversible flecha del tiempo; pero la biología apunta su flecha irreversible del tiempo en la dirección contraria como se puede observar en la Figura 9.

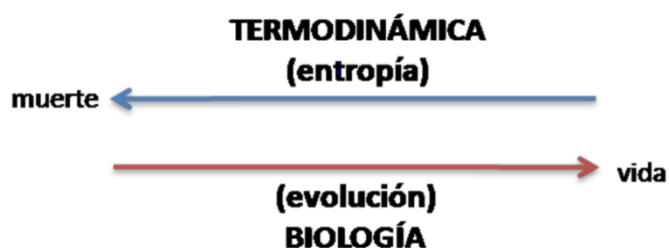


Figura 9 La Termodinámica del No Equilibrio

Fuente: (Maldonado & Gómez C., 2011)

La termodinámica del no equilibrio da solución a este antagonismo concluyendo que solo es factible una flecha del tiempo, la flecha del tiempo, de la vida como se aprecia en la Figura 10. Esta es la connotación de la flecha del tiempo que acogen las ciencias de la complejidad en donde se manifiesta la sensibilidad a las condiciones iniciales, los cambios de fase y el surgimiento de atractores (Maldonado & Gómez C., 2011).

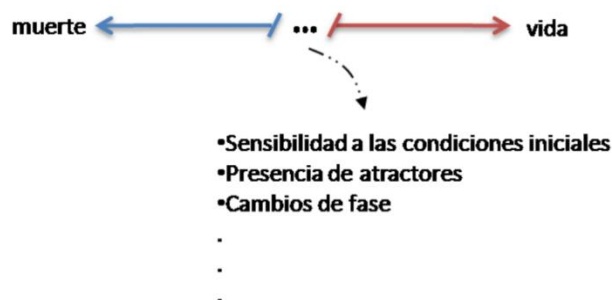


Figura 10 La Flecha del Tiempo

Fuente: (Maldonado & Gómez C., 2011)

1) *La irreversibilidad.* Corresponde a la parte medular de la nueva termodinámica, precisa que los sistemas dinámicos complejos se encuentran lejos del equilibrio, razón por la cual pueden remontar *la flecha del tiempo* a diferencia de los sistemas de la termodinámica clásica que aparecen como reversibles, dado su estado de equilibrio⁴⁷. Estos sistemas divisan solo entornos inmediatos que se repiten sin cambio, incesantemente en el tiempo. Sin embargo, los sistemas reales son en esencia disipativos, es decir durante sus procesos degradan energía en forma de calor que se entrega aleatoriamente al universo por lo que resulta imposible regenerarla para la reversibilidad de los sistemas. La flecha del tiempo implica una estructura del tiempo de complejidad creciente. Los sistemas alejados del equilibrio presentan alta sensibilidad a las novedades, las innovaciones o al azar dando lugar a la aparición de dinámicas no lineales. Todos los sistemas vivos son irreversibles (Hooker, 2011).

2) *Las estructuras disipativas.* Son sistemas abiertos con capacidad para localizarse lejos del equilibrio y al mismo tiempo conservar su estabilidad. Esto indica que su estructura se conserva y que su dinámica asociada a los cambios o la disipación posibilita la emergencia de nuevas formas de orden. El aumento de energía en el sistema puede conducirlo a una situación de inestabilidad, en donde pueden emerger estados nuevos. Según Capra & Sempau (2003), la *emergencia* se da en los puntos críticos y se refiere a la autoorganización, proceso que da origen dinámico al aprendizaje, la evolución, la creatividad y la innovación (Capra & Sempau, 2003).

3) *La importancia y el carácter del tiempo.* La significación antigua del tiempo lo refiere como pérdida, desgaste, olvido. El tiempo se convierte en un problema, un obstáculo, resta en vez de sumar. También se ha dicho que el tiempo es una ilusión, cuando se dedica al instante, al presente, por lo que lo demás es solo una ilusión. Prigogine, propone otra concepción del tiempo como creación, lo que a su vez desemboca en la evolución de la complejidad como un proceso creciente.

⁴⁷ Equilibrio es un estado de máxima entropía (equilibrio termodinámico). Es un estado en que las velocidades y las aceleraciones son nulas o equilibrio mecánico (Bogoya, 1982).

Estos conceptos integran el pensamiento central de Prigogine: *el orden tiene lugar a través de fluctuaciones* (Maldonado, 2009; Maldonado & Gómez C., 2011).

2.4.4.2 La geometría fractal. Prigogine (1997) Esta ciencia se ocupa del estudio de objetos geométricos con estructura espacial autosimilar⁴⁸. Mandelbrot acuñó el término *fractal* proveniente de la expresión *fractus* que viene de *frangere* y se interpreta como *romper en pedazos*, pero *fractus* también indica que algo *es irregular*, lo cual resulta afortunado para la descripción que se pretende hacer (Mandelbrot, 2009). La denominación de fractal se debe a que no es posible representar algunas formas mediante las dimensiones enteras de la geometría euclidiana. Los fractales contienen una imagen de sí mismos en cada parte (Talanquer, 2003). Los fractales regulares son figuras geométricas autosimilares frente a cambios de escala. Su medida es una indicación del grado en que un sistema ocupa una región. (Mandelbrot, 2009; Bar-Yam, 1997; Young & Kiel, 1994). A los elementos como montañas, nubes o copos de nieve se les puede referir como *fractales naturales* utilizando la geometría fractal como mecanismo para lograr su descripción aproximada, pues no es posible llegar al detalle infinito, el cual tiene límites en el mundo natural (Braun, 2003).

Young & Kiel (1994) destacan la geometría fractal como apropiada para describir el desempeño de los sistemas caóticos. Las ideas provenientes de Descartes llevan a concebir un punto sin dimensión, una línea con dimensión 1, una superficie con dimensión 2 y un sólido con dimensión 3. Pero, las investigaciones sobre el caos indican que en la mayoría de las circunstancias los objetos naturales llenan solo una parte del espacio donde se encuentran en la misma forma en que lo hace una esponja. La *fractalidad* de un objeto se puede medir de diferentes maneras e indica el grado de *orden en medio del desorden*, es una indicación del grado en que un sistema ocupa una región:

“si el atractor es de punto, la región ocupada es muy pequeña, el orden es grande. En un caos completo espumoso, el desorden casi desplaza al orden; un sistema puede acabar casi en cualquier lugar de un campo de resultados. Cuando los atractores ocupan sólo una fracción del espacio disponible para ellos, se dice que existe *neguentropía*⁴⁹ o son *ordenados*” (Young & Kiel L., 1994, p. 3).

En la Figura 11 se muestra un fractal del *Conjunto de Mandelbrot* que es generado a través de la repetición de una fórmula matemática simple. La ampliación de una parte se aprecia en la estructura autosimilar.

⁴⁸ Los sistemas autosimilares contienen una imagen de sí mismos en cada parte. Los fractales regulares son figuras geométricas autosimilares frente a cambios de escala. Su medida es una indicación del grado en que un sistema ocupa una región del espacio (Talanquer, 2003).

⁴⁹ Se refiere al proceso mediante el cual los sistemas vivos pueden importar energía e información del entorno para asegurar su supervivencia. También se denomina como homeostasis (Bertoglio, 1993).

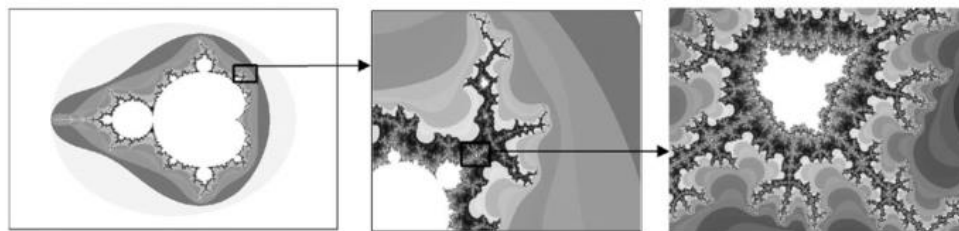


Figura 11 El Fractal de Mandelbrot

Fuente: (Obolensky, 2010)

2.4.4.3 La teoría del caos. Prigogine (1997) La teoría del caos surge debido al interés por conocer cómo un sistema transita del orden al desorden y la posibilidad inversa del desorden al orden, proceso que hoy se relaciona con la *autoorganización*. Los científicos actuales entienden por *caos*:

“una mezcla intrincada de orden y desorden, de regularidad e irregularidad: patrones de comportamiento que, si bien son irregulares, resultan reconocibles como amplias categorías conductuales o arquetipos, dentro de los cuales existen incontables variedades individuales”(Parker & Stacey, 1996, pág. 1).

Este desempeño está vinculado a patrones subyacentes de comportamiento denominados *atractores* (Munné, 2005). El calificativo de “*atractores*” se debe a que el sistema parece ser atraído, es decir, “*halado*” hacia una región en un campo de respuestas durante sus ciclos o períodos de operación (Young & Kiel, 1994). El caos es conceptualizado como extremadamente complejo, pero no como carente de orden. Es un estado determinístico, es decir, su movimiento o dinámica sigue leyes precisas, aunque su conducta irregular pueda parecer aleatoria, se entiende como un estado de muy alta complejidad, con posibilidad de generar orden. Es el resultado de descubrimientos en el campo de las dinámicas no-lineales, que no es otra cosa que el estudio de la evolución temporal de sistemas no-lineales, revelando un comportamiento que provoca relaciones inestables entre variables.

Aunque el caos puede emerger desde formulaciones determinísticas, la evolución de un sistema en estado caótico puede dar la idea de un comportamiento aleatorio. El comportamiento de un sistema caótico toma la forma de una geometría fractal. Existen varias técnicas de valor con las que medir los fractales y por lo tanto medir el grado de orden en medio del desorden (Braun, 2003).

La teoría del caos es un campo relativamente nuevo que trata sobre “*el estudio cualitativo del comportamiento inestable y aperiódico en los sistemas dinámicos no lineales determinísticos*” (Kellert, 1993, p. 2). La cuestión dinámica puede expresarse a través de ecuaciones diferenciales, la no linealidad implica que la relación entre causa y efecto no es sencilla: una variación en una variable puede desencadenar efectos desproporcionados en otras variables, efecto que se atribuye a la existencia de lazos de realimentación positiva dentro del sistema.

La tarea de explicación del caos adopta el espacio de fases del sistema, entendido como un espacio euclídeo n-dimensional como su herramienta. A este respecto James Gleick (1987) postula

que:

“en el espacio de fase el estado completo del conocimiento acerca de un sistema dinámico en un instante de tiempo colapsa en un punto. Ese punto es el sistema dinámico en ese instante. En el siguiente instante el sistema ha cambiado, así sea muy poco, y el punto se mueve. Es posible trazar la historia del sistema al observar ese punto en movimiento, trazando su órbita a través del espacio de fase con el pasar del tiempo” (Gleik, J., 1987, p. 134).

El espacio de fase proporciona a los científicos un modelo descriptivo de los cambios en las variables con el transcurrir del tiempo. Los trazos corresponden al comportamiento global del sistema. Cuando un sistema se encuentra en estado caótico las causas y efectos no son discernibles en ningún momento.

Se debe resaltar la importancia de las condiciones iniciales en el comportamiento y resultados del desempeño de los sistemas dinámicos complejos, un mismo sistema puede presentar respuestas totalmente diferentes ante una misma excitación, dependiendo de las condiciones iniciales con las cuales se excitó el sistema (Devaney, 2003). Un mismo sistema puede ser estable, caótico, localizarse en inestabilidad limitada o llegar a régimen de inestabilidad explosiva. En realidad, a pesar de que un sistema sea determinista no es posible medir las condiciones iniciales con precisión infinita y la más pequeña diferencia en estas mediciones conducirá su evolución por diferentes trayectorias, en algunos casos muy divergentes. Este comportamiento ha sido denominado por Lorentz (1972) como el “*efecto mariposa*”⁵⁰.

Para la teoría del caos existen dos elementos principales: los atractores y las bifurcaciones, cuyos principios y características fundamentales se revisan a continuación.

Los atractores. Se entienden como un conjunto al que convergen todas las trayectorias vecinas (Devaney, 2003; Strogatz, 2000). En los sistemas dinámicos no lineales, la influencia de la estructura del sistema y de las condiciones iniciales posibilitan respuestas sorprendentes; en algunos casos la trayectoria de la evolución del sistema puede ser repelida y en otros casos puede ser atraída hacia algunos puntos del espacio de fases. En el primer caso esos puntos se denominan *repulsores*, en el segundo se denominan *atractores*. Dependiendo de las características del sistema pueden presentarse uno o más atractores, en algunos casos el sistema evolucionará hasta llegar al atractor, logrando estabilidad.

Los atractores definen las formas de evolución en el tiempo de los sistemas. Existen *atractores de punto fijo*, *atractores de ciclo limite* y *atractores extraños* en donde el sistema se comporta de manera diferente a como debería hacerlo dentro de los criterios de la física newtoniana, la lógica proposicional, los sistemas de numeración racional o la geometría euclidiana (Talanquer, 2003). La Teoría del Caos involucra múltiples concepciones sobre la transición del orden al desorden en donde, puede aparecer otro orden a partir de dinámicas no lineales turbulentas. Los sistemas no

⁵⁰ El *efecto mariposa* es una metáfora que está relacionada al caos. Se refiere a la *dependencia sensitiva a las condiciones iniciales* en un sistema complejo no-lineal en donde pequeñas variaciones en estas, pueden producir cambios desmesurados en la respuesta de un sistema (Lorentz, 1972; Dooley, 2009).

lineales pueden presentar respuestas aparentemente aleatorias a medida que el tiempo transcurre; en realidad, lo que se puede apreciar es el surgimiento de patrones subyacentes que son los atractores mencionados (Young & Kiel, 1994).

Atractor de punto fijo. Se manifiesta cuando todas las trayectorias en el espacio vecino confluyen hacia un lugar particular en el espacio de estados (Cárdenas, 2012). Cuando el sistema es estable y tiene apenas un atractor de punto fijo, las trayectorias convergerán hacia él. Las condiciones iniciales influenciarán la forma como la trayectoria converge hacia el atractor, ver Figura 12. Si el sistema evidencia la existencia de un segundo atractor de punto fijo, la trayectoria convergerá a uno de los dos dependiendo de las condiciones iniciales.

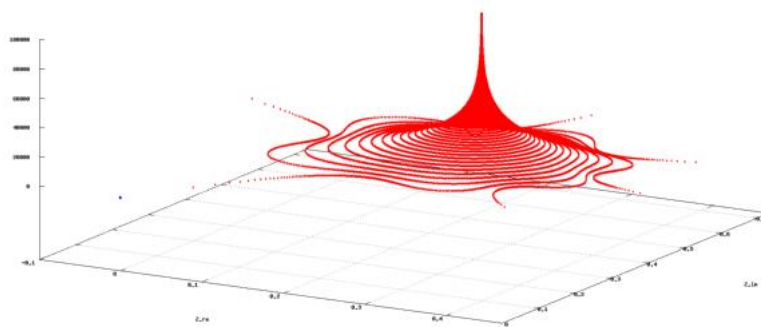


Figura 12 Atractor de Punto Fijo

Fuente: By Adam majewski - Own work by uploader in Maxima and Gnuplot This diagram was created with gnuplot., CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5737943>

Atractor Periódico o de Ciclo Límite. Es el reflejo sobre el plano de fase de sistemas con tendencia a la oscilación. Las diferentes órbitas convergen a una trayectoria curva cerrada y aislada. (Cárdenas, 2012). En la Figura 13 se aprecian el atractor van der Pol y un atractor periódico común.

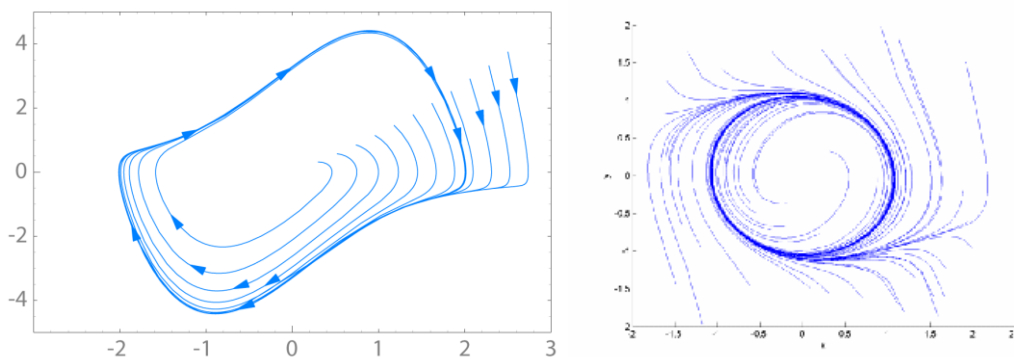


Figura 13 Atractores Periódicos o de Ciclo Límite

Fuentes: <http://www.wikiwand.com/es/Atractor>; <https://astarmathsandphysics.com/university-physics-notes/non-linear-dynamics/1599-limit-cycles.html>

Atractor extraño. Se presentan situaciones en las que la evolución del sistema no llega a ningún atractor, sino que se traslada alrededor de ellos, pero sin cruzarse, se dan cambios repentinos de la

trayectoria en un desplazamiento infinito, pero no se llega a ninguna de las situaciones mencionadas anteriormente. En estas condiciones los atractores evidencian una dependencia muy fuerte a las condiciones iniciales, se les designa como atractores extraños. El sistema es atraído hacia el atractor, pero otras fuerzas lo alejan de este (Cárdenas, 2012). El atractor extraño más conocido es el del efecto mariposa y se debe al trabajo del meteorólogo Edward Lorentz en los comienzos de la década de 1960. En la Figura 14 se presenta la evolución de un sistema con atractor extraño.



Figura 14 Atractor Extraño

<https://hangeslab.umd.edu/2016/04/27/first-blog-post/>

Las bifurcaciones. Una bifurcación es la repentina aparición de soluciones cualitativamente diferentes a las ecuaciones de un sistema no lineal cuando un parámetro es variado. Ocurren de formas diferentes cuando una inestabilidad estructural produce un cambio en la forma dinámica en un sistema. Las bifurcaciones pueden suceder como locales cambiando continuamente la forma en la medida en que algún parámetro dinámico u otros parámetros cambian o también como globales con cambios más complejos entre los que se pueden mencionar las transiciones de fase como el cambio de sólido a líquido y viceversa (Hooker, 2011).

En una organización, dos patrones diferentes (grupos) pueden surgir para tratar un tema diferente, en la medida en que la complejidad aumenta. En los sistemas sociales, la oscilación entre los posibles estados que conducen a una bifurcación es a menudo identificada como una fuente, o incluso un generador, de la creatividad (Ketterer, 2006). La forma de una bifurcación puede presentar diferencias de fondo.

2.4.4.4 La teoría de las catástrofes. Es una propuesta de Rene Thom (1923-2002), dentro de la teoría de las singularidades (Espinoza, 1995). Es un área de la teoría de las bifurcaciones. Trata procesos continuos que entregan respuestas discontinuas. Presenta vínculos con la teoría del caos. Los sistemas tienen la posibilidad de evolucionar mezclando patrones continuos y discontinuos (Maldonado, 2006). La Teoría de las Catástrofes estudia y clasifica los fenómenos caracterizados por fuertes cambios repentinos en el desempeño, derivados de pequeños cambios en las

circunstancias. La naturaleza cualitativa de las soluciones de una ecuación depende de los parámetros utilizados. Esto puede conducir a cambios repentinos y dramáticos. Pequeños cambios en determinados parámetros de un sistema no lineal pueden hacer que el equilibrio aparezca o desaparezca, o cambios de atracción a repulsión y viceversa, llevando a cambios grandes y repentinos del comportamiento del sistema. Sin embargo, examinado en un espacio más grande de parámetros, la teoría de la catástrofe revela que los puntos de bifurcación tienden a ocurrir como parte de estructuras bien definidas cualitativa y geométricamente. Hay siete catástrofes elementales (Maldonado, 2006):

Doblez

Intersección (Cúspide)

Autoconsumo (Golondrina)

Mariposa

Hiperbólica Central

Elíptica Central

Parabólica Central

Los modelos generados a través de la teoría de las catástrofes pueden emplearse en distintas áreas de las ciencias sociales, por ejemplo, en economía, en el tema del análisis del ciclo de negocios.

2.4.4.5 Las lógicas no clásicas, divergentes o filosóficas. Prigogine (1997) Las ciencias de la complejidad expanden su horizonte de interpretación más allá de la lógica clásica o lógica aristotélica con nuevos sistemas lógicos diferentes que constituyen una alternativa y una complementariedad a la lógica formal. Además, permiten un pluralismo lógico acerca del mundo que es característico de los sistemas complejos no lineales. Su semántica es típicamente la de *los mundos posibles*. En lógica se trabaja con diversas formas de inferencia que superan las dicotomías de la lógica clásica o formal, reconociendo diferentes sistemas deductivos. Se examina explícitamente la existencia de varias verdades en contraposición al supuesto de una verdad única (Maldonado, 2012a). Colocan de presente que las implicaciones son lógicamente más débiles que las inferencias (Peña, 1993; Maldonado, 2005).

Una presentación sintética se encuentra en (Maldonado, 2016b) y una explicación ampliada en (Loffredo D'Ottaviano, 2010). Maldonado (2014) resalta la incertidumbre como propiedad inherente a los sistemas complejos y manifiesta la conveniencia del tratamiento de la incertidumbre en combinación con las lógicas no clásicas (Maldonado, 2014). La Figura 15 expone las lógicas no-clásicas más utilizadas y sus interrelaciones.

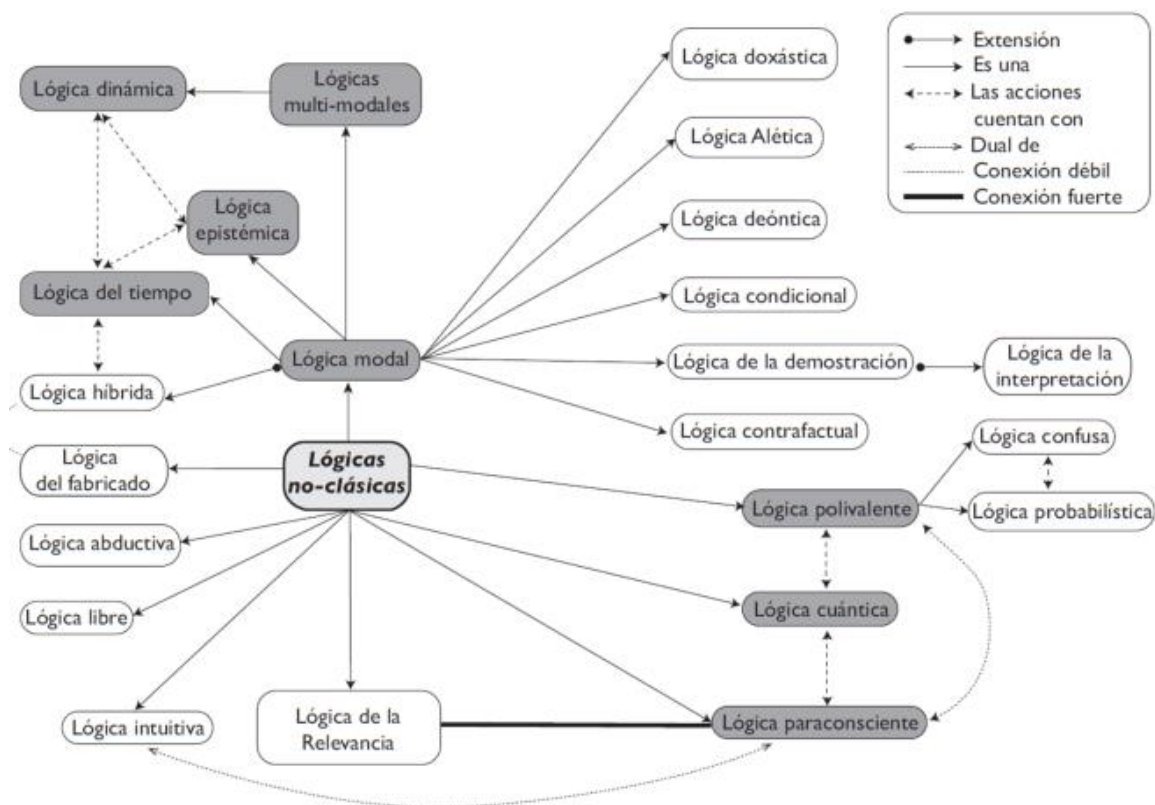


Figura 15 Panorama de las Lógicas No-Clásicas

Fuente: (Maldonado, 2016a, p. 250)

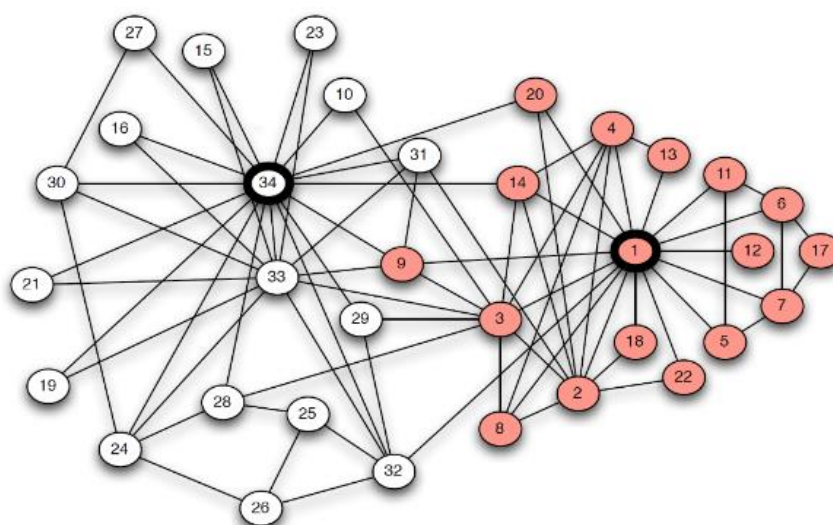
2.4.4.6 La teoría de las redes complejas o redes sociales. El análisis de redes sociales ha sido sugerido como una herramienta apropiada para conectar los niveles micro y macro de la teoría sociológica que se ha constituido una debilidad sustancial de esta teoría, ya que no se evidencian las interacciones del micro-nivel a los patrones del macro-nivel de manera concluyente. La *sociometría*, una rama de la psicología, es considerada como la precursora del análisis de redes (Granoveter, 1973). La perspectiva de redes permite superar otras oposiciones de vieja data en las ciencias sociales como en lo cualitativo-cuantitativo o la acción-estructura. El ARS o SNA⁵¹ es una poderosa herramienta de análisis y una perspectiva diferente de la realidad y puede proporcionar nuevas luces en la actualización de la teoría social y en el examen de la confrontación entre las humanidades, las ciencias sociales y las ciencias naturales y exactas. (Molina, 2004). Se enfoca en el descubrimiento de patrones de comportamiento entre los actores que están involucrados en una red social.

La teoría de redes nace en 1736 con las matemáticas de Leonhard Euler al resolver el problema de los siete puentes sobre el río Pregel en Kaliningrado. Euler eliminó la información que consideró irrelevante y realizó un dibujo que luego se denominó como *multigrafo* (un grafo con más de una

⁵¹ Social Network Analysis

arista por vértice), en donde los puentes fueron representados como líneas o vínculos y las masas de tierra aledañas como puntos, vértices o nodos. Los *grafos*⁵² son representaciones pictóricas que admiten una red que incluye nodos y vértices (Reynoso, 2011). La ciencia/teoría de redes complejas tiene como finalidad el estudio de las estructuras sociales incluyendo las relaciones de amistad, las culturas, la organización empresarial, la organización criminal, etc. (San Miguel et al., 2005). Esta ciencia visualiza las organizaciones como redes en interacción permanente con otras redes. Se trata de lograr entendimiento sobre la evolución y coevolución de estas redes que van incrementado su complejidad en el transcurso del tiempo (Bohórquez Arévalo & Espinosa, 2015).

Las redes se consideran como sistemas en evolución, compuestos por agentes y siendo partes de un sistema auto-organizador. En sus inicios se consideró a las redes como entes pasivos que no podían variar, pero en las redes su estructura influencia tanto al comportamiento individual como al comportamiento colectivo como totalidad y se comportan como sistemas dinámicos activados por las actuaciones de los agentes. La teoría de redes trata fundamentalmente de *la aparición de cierto comportamiento global a partir de las interacciones de muchos individuos* (Watts, 2003). Se presenta una visualización de diferentes redes: una red de amistad de un club de kárate en la Figura 16, una red de interacción política en la Figura 17 y una red de propagación de enfermedades humanas en la Figura 18.



Red Social de Amistad en un Club de Karate con 34 asociados

Figura 16 Red de Amigos

Se evidencian indicios sobre un cisma latente que eventualmente ha dividido el grupo en dos clubes separados (blancos y purpuras). También se pueden observar los individuos que aparentemente lideran cada grupo (34 y 1).

Fuente: (Zachary, 1977)

⁵² Un grafo es una representación matemática de una red utilizado para modelar relaciones por pares entre objetos. Un grafo consiste de un conjunto de vértices y nodos con ciertos pares de ellos conectados por bordes (*no dirigidos*) o arcos (*dirigidos*) (Barabási, 2014).

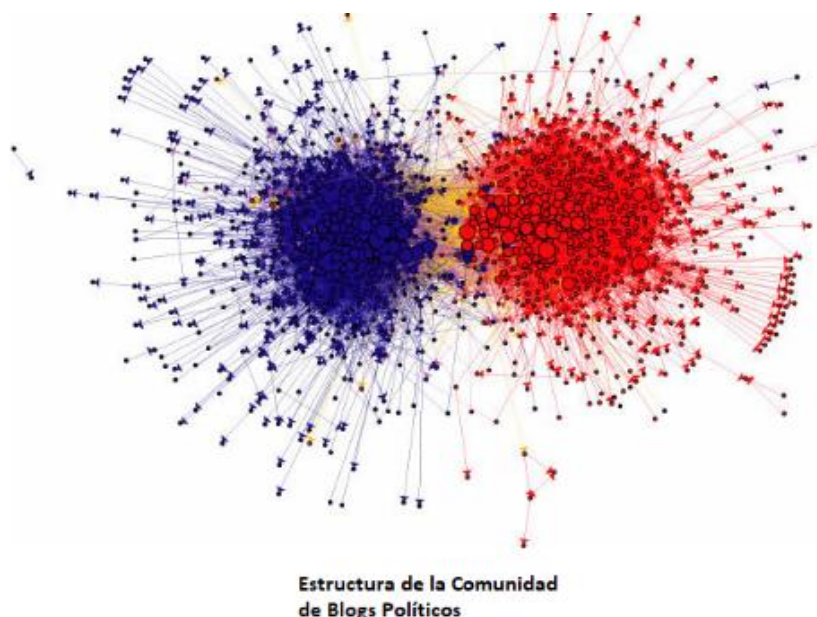


Figura 17 Red de Interacción Política

Los colores indican la orientación política. Rojo para los conservadores, azul para los liberales. Los links naranja indican interacciones de liberales a conservadores, y los links púrpura interacciones de los conservadores a los liberales. El tamaño de cada blog refleja el número de otros blogs que están vinculados a este.

Fuente: (Adamic & Glance, 2005)

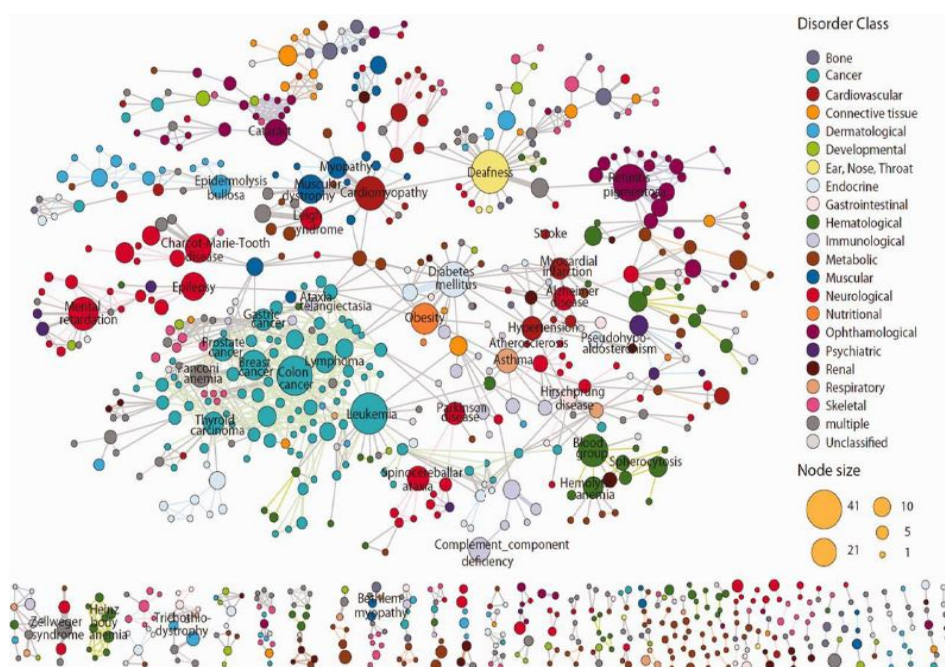


Figura 18 Red de Enfermedades Humanas

Se presenta la red completa de enfermedades humanas, que conecta 1283 trastornos a través de 1,777 genes compartidos de la enfermedad.

Fuente: (Barabási, 2014)

Las redes se diferencian respecto a su estructura. En la literatura son recurrentes cuatro clases básicas de redes que se presentan de manera resumida.

Redes regulares. Los nodos se conectan solamente con los más cercanos. Cada nodo está vinculado a sus cuatro vecinos inmediatos.

Redes aleatorias o redes exponenciales. Cada nodo se conecta en forma aleatoria con otros nodos. Se caracterizan porque a pesar de la ubicación aleatoria de los vínculos, los nodos son asignados aproximadamente con el mismo número de vínculos. La mayoría de los nodos poseen tres o cuatro vínculos. En una red aleatoria los nodos cumplen con la distribución de Poisson (Barabási, 2007).

Redes de pequeño mundo. Son redes aleatorias a las que se han añadido unas pocas conexiones extras, al azar en unos pocos nodos, con la intención de mejorar en forma significativa la comunicación en la red. La mayoría de los nodos están vinculados solamente a sus vecinos inmediatos. Las redes sociales, las tecnológicas y las biológicas son redes de pequeño mundo. Estas redes se encuentran operando en el *filo del caos*: su regularidad es suficiente para mantenerse agrupadas y de alguna manera caóticas para lograr pocos grados de separación (Watts & Strogatz, 1998; Tercero Talavera, 2015).

Redes libres de escala. (free scale network). Son redes con una distribución dispareja de los enlaces. Unos pocos nodos tienen muchos vínculos. Su distribución de grado obedece a una ley de potencias las cuales no poseen una escala intrínseca (Barabási, 2007), por lo que la forma de su distribución de datos es muy diferente a las distribuciones en forma de campana de las redes aleatorias, no tienen picos sino que desde un valor superior presentan una caída continua. Si se plotean en escala doble logarítmica las leyes de potencia se manifiestan como una línea recta (Barabasi & Bonabeau, 2003).

Estas redes son especialmente apropiadas para las simulaciones abstractas de sociedades artificiales, como en el caso de esta investigación. Una red comprende nodos (nodes) y vínculos o aristas (links) que se combinan para crear trayectorias (paths). La Figura 19 muestra la configuración de estas redes. Una red comprende nodos (*nodes*) y vínculos o aristas (*links*) que se combinan para crear trayectorias (*paths*).

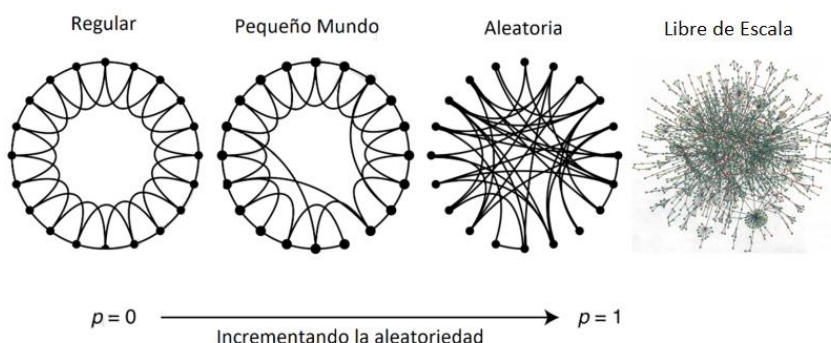


Figura 19 Configuraciones de Red

Fuente: Adaptado de (Watts & Strogatz, 1998);(Barabasi & Bonabeau, 2003)

Las características más importantes de un nodo son:

- *Grado de conectividad (Degree of connectivity)*. Es el número de vínculos que un nodo posee.
- *Coeficiente de agrupamiento (Clustering coefficient)*. Grado al cual los nodos conectados a un nodo dado están vinculados a otro nodo.
- *Centralidad (Centrality degree)*. el impacto de un individuo componente de una red social. Este atributo estructural no tiene relación con su importancia o influencia. Depende exclusivamente de la ubicación espacial del individuo en la red. La centralidad puede ser de entrada⁵³ o de salida⁵⁴, de intermediación (*betweness*) o de cercanía⁵⁵ (*closeness*), (Easley & Kleinberg, 2010).

Las características más notables de una red son:

- *Tamaño (Size)*. Es una medida del número de nodos o vínculos de una red.
- *Longitud de trayectoria (Path lenght)*. Es la distancia entre un par de nodos que corresponde al número de links entre el par. Cualquier nodo o link no puede repetirse. Es una medida de la eficiencia de transporte de información o masa.
- *Densidad de red (Whole network density)*. Es la relación de los nodos conectados en la red a los nodos que potencialmente pueden conectarse (Easley & Kleinberg, 2010).

Las redes sociales tienen características distintivas importantes como las *colas gruesas* o *fat tails* que se dan cuando unos pocos individuos están muy bien conectados, por lo que existen más nodos con más alto grado de conectividad que los que se encontrarían si los grados de conectividad cumplieran una distribución de Poisson. Es el caso descrito como *fat tailed* que cumple una ley de potencias (*power law*) (Hamill & Gilbert, 2009). Newman (2003) indica que las redes en el mundo real pueden ser de cuatro clases:

1. Redes sociales
2. Redes de información/conocimiento
3. Redes tecnológicas
4. Redes biológicas

Las redes sociales resultan del conjunto de interacciones humanas (Newman, 2003). Las redes en esta tesis son del tipo de redes sociales. Jacob Levy Moreno ideó los sociogramas y las sociomátrices para la representación de sistemas sociales dentro de un área que él denominó *sociometría*. Para Moreno la sociedad no es primariamente:

“un agregado amorfo de individuos con sus características idiosincráticas, como argüían los estadísticos, sino una estructura necesariamente aditiva de vínculos interpersonales” (Reynoso, 2011, p. 61).

⁵³ Número de relaciones que los demás individuos de una red tienen con uno específico.

⁵⁴ Número de relaciones que un individuo tiene con los demás en la red.

⁵⁵ Se refiere a la posibilidad que tiene un nodo para ser intermediario en la comunicación entre pares de nodos.

El sociograma va más allá de la representación y aprovecha el hecho de que la visión humana es proclive al reconocimiento de patrones, esta solución es robusta. El sociograma es estático y descriptivo, dos limitaciones esenciales: logra la descripción de estructuras estáticas, pero no puede hacerlo en cuanto a procesos (Gutiérrez, 1999). A decir de Reynoso (2011) los sociogramas son como “una representación de las relaciones sociales basada en grafos” que conduce a visualizar intuitivamente los patrones contenidos en datos cuantitativos. Los datos suministrados por N participantes en un proceso sociométrico se registran en una sociomatriz (una matriz cuadrada de dimensión $N \times N$ (Oportus V., 2012). El sociograma es la expresión gráfica de la sociomatriz. Una sociomatriz y su sociograma asociado se pueden apreciar en la Figura 20.

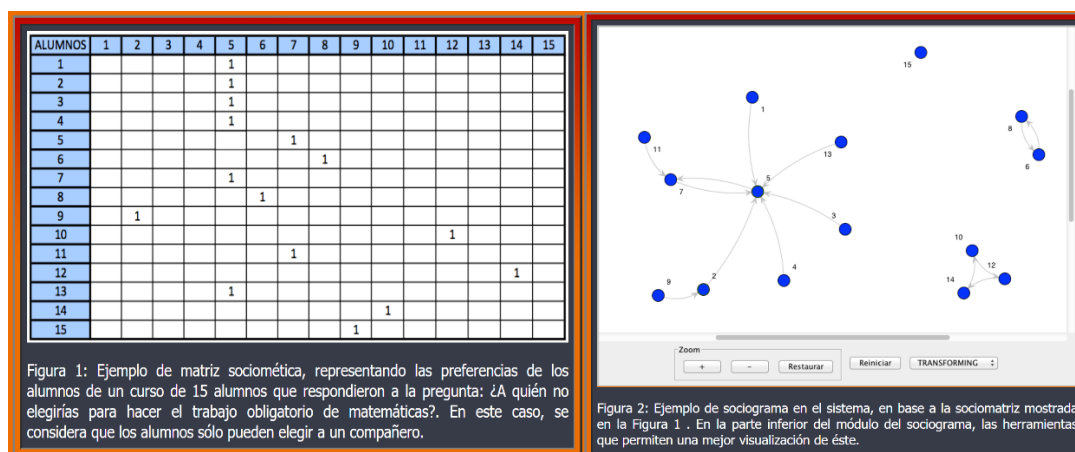


Figura 20 Sociograma y Sociomatriz Asociada

Fuente: Tomado de <http://alertate.com/educacion/agresividad/sociograma.html>

Están disponibles en la WEB diferentes programas informáticos, algunos con versiones gratuitas (Ucinet, Visone, Pajek, Siena, Gephi, etc.) para realizar los sociogramas y las sociomatrices y para realizar corridas computacionales de estos modelos. A través del tiempo la experiencia ha mostrado que estas ciencias y teorías pueden agruparse sobre tres fundamentaciones esenciales: *los sistemas complejos no lineales, la teoría de la evolución y la teoría cuántica* (Maldonado, 2012a).

2.4.5 La Tipología de los Fenómenos Dinámicos. La complejidad del mundo crece en la medida del discurrir del tiempo. Los sistemas van camino a volverse cada vez más complejos y aunque esta situación pueda parecer indeseable no hay forma de detener esta progresión de la complejidad ya que, es el resultado natural de la evolución. La Figura 21 presenta un esbozo del flujo universal hacia el caos y la incertidumbre. Existe cierto grado de incompreensión de los términos simple, complicado y complejo. Se han utilizado como sinónimos los términos complicado y complejo, pero tienen diferentes connotaciones. Por tanto, antes de utilizarlos resulta pertinente diferenciar sus verdaderos significados, clasificados como sistemas o fenómenos simples, sistemas o fenómenos complicados, sistemas o fenómenos complejos y sistemas o fenómenos complejos adaptativos que se describen a continuación.

Los sistemas o fenómenos simples pueden ser sujetos de análisis en el sentido cartesiano. En el análisis de estos sistemas priman las ideas del sentido común de: 1) “una única causa y un solo efecto”; 2) “pequeños desvíos en la causa producen pequeños cambios en los efectos” y; 3) “el comportamiento no es sorprendente, es predecible” (Erdi, 2010). En estos sistemas la causa y efecto se encuentran completamente vinculados y son conocidos por que la predictibilidad es alta. *Haga esto y usted obtiene eso* es una frase que engloba este concepto (Obolensky, 2010).

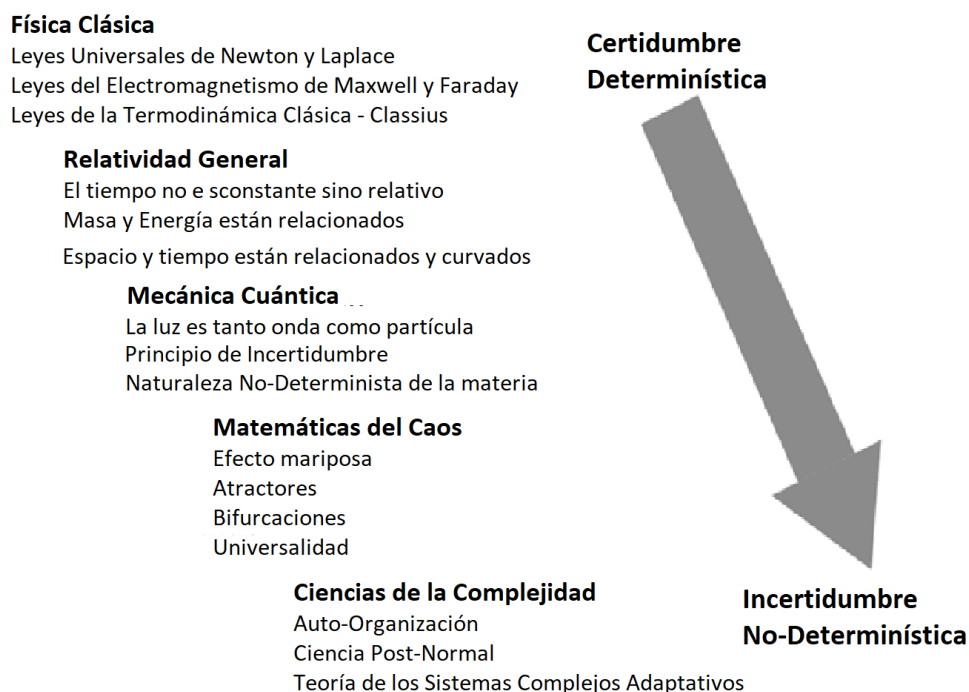


Figura 21 El Flujo hacia el Caos y la Incertidumbre

Fuente: (Obolensky, 2010)

Su comportamiento se enmarca en el *paradigma de simplicidad*⁵⁶ que conlleva los supuestos de un mundo lineal, predecible, que puede modelarse de manera fiscalista, determinista, en equilibrio y reduccionista que puede dividirse en sus partes, analizarlas, y luego volverse a recomponer y al que se puede dominar completamente a través del control. Es decir, estos sistemas cumplen enteramente las condiciones de superposición y homogeneidad. En otras palabras, *el todo es igual a la suma de las partes*. Al paradigma de simplicidad se le denomina también Paradigma Newtoniano o Newtoniano-Cartesiano. Indudablemente esta postura ha propiciado avances extraordinarios en el conocimiento científico y la filosofía. Sin embargo, las nuevas ideas de la comprensión del mundo han dejado al descubierto enormes falencias en los postulados de este paradigma, que indican que resulta totalmente ineficiente para dar respuestas adecuadas a los problemas contemporáneos. Un sistema simple se define como un sistema formal que “proporciona un modelo funcional lineal de lo real” (Mikulecky, 2006).

⁵⁶ *Simplicidad y Paradigma de Simplicidad*, son términos equivalentes en esta investigación.

En estos sistemas son pocas las interacciones entre los elementos, los atributos de los elementos están predefinidos, las interacciones entre los elementos son altamente organizadas, las leyes que gobiernan el comportamiento están bien definidas, el sistema no evoluciona en el tiempo, los subsistemas no buscan sus fines propios y tampoco son afectados por influencias comportamentales.

Los sistemas o fenómenos complicados presentan características de reductibilidad. No son sistemas simples, sino más bien una colección de ellos, por tanto, pueden descomponerse en sus partes y sumar los resultados de ellas para obtener el desempeño total (Gul & Khan, 2011). El aforismo *el todo es igual a la suma de las partes* sigue siendo válido. En estos sistemas las causas y los efectos son conocidos, pero los vínculos no son claramente obvios y se requiere practicar algún tipo de análisis para dar solución al problema. La predictibilidad resulta menor que para los sistemas simples, pero un análisis cuidadoso puede brindar un buen grado de predictibilidad. Lo simple y lo complicado comparten los supuestos de la ciencia clásica de un mundo ampliamente determinístico, lineal y predecible una vez que se han entendido las leyes que le subyacen.

Los sistemas complejos y caóticos marcan la frontera para la *Nueva Ciencia* que implica indeterminismo, no linealidad y dificultad o imposibilidad de predicción (Obolensky, 2010). Obolensky (2014), propone un continuo en la complejización de los sistemas basado en el modelo Cinefyn⁵⁷ que se ha adaptado y se presenta en la Figura 22. En la mayoría de las organizaciones la alta predictibilidad, lo simple y lo complicado coexisten. La forma de aplicar esta propuesta consiste en entender la naturaleza del problema a afrontar y entonces tratarlo en la forma apropiada. Es decir, si un problema es simple no se debe encarar usando enfoques emergentes que deberían ser utilizados en la solución de problemas complejos y viceversa (Obolensky, 2014).

Los sistemas o fenómenos complejos, complejos adaptativos o caóticos. Partiendo de una visión global, los *sistemas complejos* son organizaciones compuestas de muchas partes heterogéneas interactuando localmente en ausencia de un control centralizado (Fontana & Ballati, 1999; Boccara, 2010) dando como resultado dinámicas globales emergentes⁵⁸ (Boccara, 2010).

En los sistemas⁵⁹ complejos los elementos interactúan con dinámicas no lineales y se presentan lazos de retroalimentación de doble sentido positivos y negativos. El estado de un elemento depende en cierta medida de los estados de los demás elementos y afecta el estado de ellos a su vez lo que dificulta el tratamiento de los sistemas complejos utilizando los enfoques tradicionales lineales y reduccionistas. En estos sistemas las causas y los efectos están combinados, los múltiples componentes están interconectados con lazos de realimentación de influencia mutua muchas veces no lineales en una red compleja, difícil o imposible de predecir (Obolensky, 2010). Son sistemas

⁵⁷ Se pronuncia como *ku-NEV-in* que significa “los múltiples factores en nuestro entorno y nuestra experiencia que nos influyen en maneras que nunca podemos entender por completo”.

⁵⁸ El total puede ser mayor que la suma de las partes.

⁵⁹ Un sistema es un conjunto de componentes con interacciones recíprocas que actúan de manera que dicho conjunto sea identificable con respecto al entorno del cual está separado por bordes reconocibles.

o fenómenos que exhiben comportamientos sorprendentes. Los sistemas vivos son los de máxima complejidad conocida. No pueden explicarse a partir de principios reduccionistas, son sistemas, fenómenos o comportamientos de complejidad creciente (Maldonado & Gómez C., 2011).

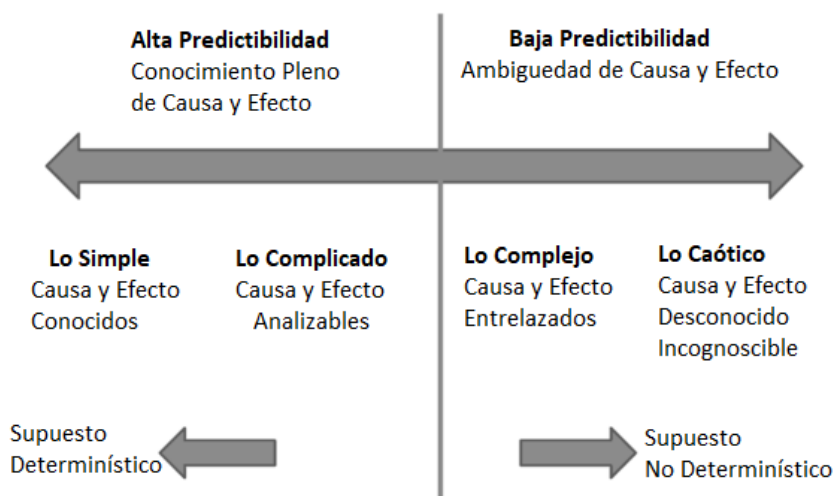


Figura 22 Los Cuatro Estados en un Continuo

La mitad izquierda (cuadrantes 1 y 2) implica un supuesto relevante de determinismo, así causa y efecto son bien conocidos y pueden ser analizados y la predictibilidad entendida. En la mitad derecha (cuadrantes 3 y 4) el no determinismo se supone, la causa y el efecto están entrelazados o no existen, estas condiciones hacen que la predictibilidad sea baja o imposible.

Fuente Adaptado de (Obolensky, 2014)

Hay que tener en cuenta que ningún intento para simplificarlos disminuye su complejidad, más bien esta se incrementa y no se obtiene una buena solución. Así las cosas, en vez de tratar de simplificarlos, se requiere entenderlos y explicarlos por medio de la inteligencia. La traslación del concepto de un sistema complicado a la de sistema complejo requiere un desplazamiento de paradigma (Gul & Khan, 2011). La idea *el todo es más que la suma de sus partes* es central al entendimiento de la complejidad (Mikulecky, 2006), el *más* se indica nuevas propiedades derivadas de la interacción entre las partes. Este no es un problema trivial cuyo entendimiento pueda lograrse a través de las propiedades de los componentes por separado (Fontana & Ballati, 1999).

Herbert Simon (1969) describe un sistema complejo como:

“Uno hecho de un gran número de partes que interactúan de manera no simple. En tales sistemas, el todo es más que la suma de las partes no en últimas en un sentido metafísico, en el sentido pragmático importante que, dadas las propiedades de las partes y sus leyes de interacción no es un asunto trivial inferir las propiedades del todo” (Simon, 1969, p. 86).

Desde un punto de vista técnico López-Paredes & Pavón expresan que:

“un sistema complejo corresponde a uno cuyo comportamiento global como una totalidad no puede deducirse desde las características de sus partes tomadas por separado... Un sistema dinámico resulta complejo si su comportamiento interno no lo conduce en el tiempo hacia un punto fijo, o de oscilación permanente o hacia un estado explosivo” (López-Paredes & Pavon, 2009, p. 22).

Para los fines de este trabajo es conveniente adicionar que:

“las organizaciones como sistema abiertos, dinámicos, no lineales sujetos a disturbios internos y externos que intentan estabilizarlos o desestabilizarlos presentan las características de los sistemas complejos, siempre en una búsqueda continua del equilibrio entre el orden y el caos” (Thietart & Forgues, 1995, p. 19).

Esta clase de sistemas presentan comportamientos que no son factibles de vislumbrar a través de técnicas clásicas lineales y reduccionistas, que corresponden a la visión cartesiana utilizada por la ciencia clásica de siglos pasados. Una descripción tal dejaría de lado las características del *todo* convirtiendo un sistema complejo en otro sistema simple o complicado, si se quiere. En este escenario los científicos clásicos intentan el entendimiento y la descripción de las dinámicas de un sistema realizando su disección y sumando los comportamientos de las partes para conseguir el comportamiento del sistema total (Hawking, 2000). El trabajo con sistemas complejos conlleva los criterios de totalidad, jerarquía, emergencia, autoorganización, modelamiento y computación en el estudio de los fenómenos asociados a un sistema complejo (Mitchel, 2009). En este sentido la noción de complejidad surge de las limitaciones del paradigma Newtoniano cuando intenta ser un esquema cuya utilización suministre el entendimiento del mundo.

La complejidad de un sistema está inmersa en los modelos que se construyen para tratar de interpretar los sistemas bajo estudio. Es decir, de acuerdo con los diversos aspectos y detalles tomados en cuenta en la elaboración de los modelos se puede aumentar la complejidad del sistema. La complejidad como punto intermedio entre el orden y el desorden depende del nivel empleado en la representación. Las dinámicas de un sistema complejo escapan a una representación completa de todos los aspectos y detalles de un sistema de una manera efectiva. Bertuglia y Vaio (2005) indican que los sistemas complejos trascienden nuestras habilidades para la descripción de sistemas que no despliegan propiedades como la autoorganización, la emergencia, y la adaptación (Bertuglia & Vaio, 2005).

Dado que la complejidad de los fenómenos depende sustancialmente de la no reducción de sus dinámicas y estructuras a explicaciones de regularidad, periodicidad o previsibilidad, los modelos de sistemas verdaderamente complejos que sean expresados en esta forma indicarían que la complejidad se ha suprimido. En estas situaciones los estudios basados en planeación, planeación estratégica, prospectiva, estudios de futuro y relacionados se apartan por completo de la complejidad, se tornan ineficaces y pierden su vigencia en la comprensión y explicación de los fenómenos de complejidad creciente (Maldonado, 2014). Como puede apreciarse la definición de lo que es un sistema complejo, es también difícil. Aunque hay múltiples definiciones, no existe una definición concisa de lo que es un sistema complejo, y sin lugar a dudas tampoco una definición que implique acuerdo entre todos los científicos de la complejidad.

2.4.6 Las Propiedades de los Sistemas Complejos. En los términos académicos comunes se pueden enumerar como:

No linealidad. Se considera fundamental para el concepto de complejidad. Los sistemas no lineales no cumplen el principio de superposición, es decir, las soluciones del comportamiento de

un sistema no pueden obtenerse desde las soluciones del comportamiento de las partes. La importancia de las condiciones iniciales en el comportamiento y resultados del desempeño de los sistemas dinámicos complejos es crucial. El mismo sistema puede presentar respuestas totalmente diferentes ante una misma excitación, dependiendo de las condiciones iniciales con las cuales se excitó el sistema (Kalil, 1996; Strogatz, 2000).

Pequeñas diferencias en los valores de las condiciones iniciales en las ecuaciones del modelo matemático producen macro-estados completamente diferentes sostiene Mainzer (2007) y afirma que el pensamiento lineal y la creencia que “*el todo es solamente la suma de las partes*” (Mainzer, 2007, p. 374) es evidentemente obsoleto. Una exploración primaria de este tipo de comportamientos se puede concretar en dos situaciones:

- 1) Condiciones iniciales similares producen condiciones finales también muy similares.
- 2) Condiciones iniciales similares producen condiciones finales muy diferentes.

Pero, la no linealidad no es condición necesaria para los sistemas complejos ya que la realimentación puede ocasionar comportamientos complejos aun en casos de sistemas lineales. Tampoco es una condición suficiente para asegurar la complejidad. Por ejemplo, un sistema simple como un péndulo caótico, puede presentar dinámicas no lineales, pero no es un sistema complejo (Ladyman & Lambert, 2012).

Retroalimentación. Es una propiedad necesaria para los sistemas con dinámicas complejas, pero no es una condición suficiente porque los componentes requieren su pertenencia a grandes grupos de individuos para que se manifieste la complejidad. La existencia de retroalimentación no lineal es un elemento crítico de la complejidad que permite la emergencia, la autoorganización, el aprendizaje y una variedad de criterios que son asociados a la complejidad. La sola existencia de lazos de realimentación no garantiza el comportamiento complejo, se requiere que estos lazos de realimentación interactúen entre sí (Richardson, 2008).

Orden espontáneo. El agregado de un gran número de interacciones sin coordinación o dirección central entre los componentes de un sistema puede producir un comportamiento global ordenado.

Robustez y ausencia de control central. Como el orden en un sistema complejo está distribuido y no es centralizado, entonces este orden se mantiene a pesar de que el sistema sea perturbado. La robustez es una propiedad del sistema para corregir errores en su estructura.

Emergencia. Proceso en donde los CAS desarrollan capacidades nuevas y más complejas. De muchas interacciones mutuas a microescala pueden surgir nuevos fenómenos macroscópicos, leyes y principios. El término emergencia en los sistemas complejos está condicionado a la existencia de trayectorias de realimentación desde el fenómeno a los agentes involucrados (Fromm, 2004). Las raíces de la emergencia están cerradamente asociadas al estudio de la dinámica de sistemas, las matemáticas y la ciencia computacional (Goldstein, 1999).

Organización jerárquica. Los sistemas complejos son entidades que están conformadas por

estructuras con diferentes niveles y propiedades interactuando con los niveles superiores e inferiores que presentan regularidades de diferentes clases, simetrías, orden y comportamiento periódico. Ladyman & Lamber (2012) en un refinamiento de las características presentadas anteriormente definen tentativamente desde el punto de vista físico, un sistema complejo como:

“un conjunto de muchos elementos, interactuando de una manera desordenada, dando por resultado una organización robusta y con memoria” (Ladyman & Lambert, 2012, p. 27).

Esta definición se fundamenta en las características esenciales de los sistemas complejos: 1) Un conjunto de muchos elementos; 2) Las interacciones; 3) El desorden; 4) El orden robusto; y 5) La memoria, que se esbozan a continuación de acuerdo con Ladyman & Lamber (2012):

- 1) *Un conjunto de muchos elementos.* Se menciona en muchas descripciones de la complejidad como una característica; más que “*muchos elementos*” estos deben ser similares en naturaleza, aunque en un sistema complejo no todas las partes tienen que cumplir esta condición. En sistemas sociales las estructuras deben ser similares en carácter, comportamiento o leyes que rigen los comportamientos. Esta característica se presenta en sistemas complejos como el cerebro que está compuesto de neuronas, las colonias de hormigas compuestas por hormigas individuales y el mercado financiero que se compone de agentes. La sociedad es un buen ejemplo:

“muchas células conforman el cuerpo humano, muchos cuerpos humanos forman un grupo, muchos grupos construyen una estructura social. Cada sistema complejo tiene al menos algunas partes de las cuales hay muchas copias similares interactuando” (Ladyman & Lambert, 2012, p. 28).

También se requiere similaridad en razón a la estructura jerárquica de los sistemas complejos. Los grupos de elementos de un nivel integran una estructura de un nivel más alto que interactúa con otra estructura similar de este más alto nivel. La suposición de un gran número de componentes conlleva algún grado de vaguedad, el número de elementos se requiere en la medida necesaria para la conformación de los varios niveles de la estructura jerárquica. *Se requieren suficientes abejas para establecer un enjambre.*

- 2) *Las interacciones.* Los componentes del sistema deben estar provistos de los mecanismos que les permitan interactuar intercambiando información, energía y/o materia. En estos procesos los mecanismos pueden ser fuerzas, colisiones o comunicaciones. Cuando no se producen interacciones los sistemas no adquieren los rasgos de la complejidad y se comportan de manera independiente en un caldo de componentes aislados, por tanto, no pueden constituir patrones con un orden establecido. Las interacciones deben ser directas y no a través de terceros. La no linealidad de las interacciones se menciona generalmente como una condición para las interacciones en sistemas complejos. Sin embargo, Ladyman & Lamber (2012) refutan esta presunción argumentando que las redes complejas, de indudable complejidad, pueden representarse a través de matrices, las que corresponden a operaciones lineales. Entonces la no linealidad de las interacciones es una condición no necesaria para los sistemas complejos.

- 3) *El desorden*. La condición de emergencia en los sistemas complejos requiere del desorden, desde aquí emerge el orden. Las interacciones de elementos en desorden permiten las correlaciones para construir ese orden que brota, que surge, que emerge del desorden.
- 4) *El orden robusto*. Aunque las tres anteriores condiciones son necesarias para un sistema complejo, no resultan suficientes ya que un sistema de muchos componentes similares puede interactuar desordenadamente sin llegar a ser un sistema complejo, como en el comportamiento de un gas. De todas formas, estos sistemas tienen la posibilidad de generar patrones o estructuras. El orden es robusto en una escala apropiada de tiempo, se refiere a la preservación de los patrones y las estructuras a pesar de que los componentes interactúen de manera desordenada. El orden robusto es una condición necesaria para la complejidad de un sistema.
- 5) *La memoria*. Se refiere a la información que un sistema recuerda, debido a la persistencia de su estructura interna. Esto es un resultado directo de la condición de orden robusto.

2.4.7 Los Sistemas Complejos Adaptativos. Se encuentran por todas partes, son omnipresentes, la gran mayoría de cosas con las que se vive y cuyas características se dan por garantizado son CAS. Los CAS son un modelo para pensar acerca del mundo alrededor de nosotros y no un modelo para predecir qué ocurrirá (Fryer, 2001). Los sistemas complejos adaptativos comprenden un campo de estudio de alto nivel de abstracción y su correspondiente marco de referencia, desafiando la investigación reduccionista, para el estudio de los sistemas naturales y artificiales que resultan impermeables a las técnicas tradicionales de análisis (Brownlee, 2007). Las teorías de los CAS describen procesos evolutivos cambiantes, sus ideas están asociadas con el pensamiento de segundo orden⁶⁰. Estas ideas se han convertido en magníficas opciones para la construcción de sentido sobre los fenómenos del mundo natural (Ellis & Herber, 2011).

La expresión *complejos* conlleva diversidad, es decir una amplia variedad de elementos. Cuando se califican como *adaptativos* se está aludiendo a la propiedad del sistema para modificarse o cambiarse aprendiendo de las experiencias. El *sistema* es un compuesto de cosas conectadas o interdependientes, las cosas, los elementos básicos en un CAS, representan agentes⁶¹ interdependientes. Los agentes puede ser personas, organizaciones, universidades, facultades, departamentos, economías, ecologías, el tráfico, las culturas, etc. (Gell-Mann, 2007) que actúan a partir de reglas simples con base en conocimiento y condiciones locales sin un control central de

⁶⁰ El pensamiento de segundo orden se refiere a interacciones recursivas entre los diferentes niveles de un sistema (lazos de control y realimentación). En la investigación en ciencias sociales es una manera de observación sistemática que permite al observador la posibilidad de estructurar sistemas de comprensión en una observación recursivamente organizada o autorreferencial (Ibáñez, 1991).

⁶¹ Los agentes son unidades semiautónomas en busca de maximizar su condición (fitness) y utilidad en su evolución en el tiempo. Son dispositivos computacionales más complejos que los autómatas que resultan apropiados para la simulación de sistemas sociales y corresponden en esencia a programas de computador. Los agentes tienen un origen técnico, pero intercambian información con otros agentes, son inherentemente sociales y se estructuran cognitivamente y socialmente (Gilbert & Troist, 2006; Macy & Willer, 2002).

sus actividades. El comportamiento del grupo de agentes ofrece patrones emergentes de comportamiento global a medida que el sistema evoluciona naturalmente entre puntos de equilibrio por medio de adaptación ambiental y autoorganización (Dooley, 1996; Lewin, 1999; Waldrop, 1992). En un CAS existe una red densamente conectada de agentes interactuantes operando individualmente a partir de su propio esquema⁶² o conocimiento local (Begun et al., 2003).

Los cambios de esquema, en general, proporcionan mayor robustez, confiabilidad y capacidad al estado mental del agente. Para Stacey, Griffin & Shaw (2000):

“Un sistema complejo adaptativo consiste en un gran número de agentes, cada uno de ellos comportándose de acuerdo con sus propios principios de interacción local. Ni los agentes individuales, ni los grupos de agentes determinan los patrones de comportamiento que el sistema como un todo despliega, o como esos patrones evolucionan, y tampoco hacen nada fuera del sistema ...Estos sistemas adaptativos despliegan amplias categorías dinámicas que incluyen el equilibrio estable, el caos aleatorio y una dinámica distintiva entre ellos, en el filo del caos” (Stacey, Griffin, & Shaw, 2002, p. 106).

Si los resultados de una selección no satisfacen las expectativas del agente, este puede modificar el esquema bajo el cual está operando en un proceso de adaptación para intentar la obtención de las metas deseadas. Los esquemas pueden cambiarse aleatoriamente, por mutación o por una combinación con otros esquemas. La condición (*fitness*) del agente es un agregado complejo de múltiples factores locales y globales. En definitiva, el esquema define cómo el agente interactúa con los agentes que le rodean, intercambiando información y/o recursos. Estos intercambios pueden ser no lineales (Dooley, 1996).

No todos los sistemas complejos cumplen las expectativas de adaptabilidad de los CAS y tampoco todas las adaptaciones emergentes incrementan la posibilidad de sobrevivencia de un sistema. Un sistema se comporta como adaptativo cuando un nuevo orden emergente mejora el funcionamiento del sistema como una totalidad (Espinosa & Porter, 2011). Es conveniente explicar que hay diferencias entre los conceptos de sistema complejos (CS) y de sistemas complejos adaptativos (CAS)⁶³. Los sistemas complejos son conjuntos de partes, que pueden ser muy *simples*, interconectadas que a partir de las interrelaciones de estas partes y las interacciones del sistema con el medio producen comportamientos emergentes colectivos globales que no pueden ser derivados de las propiedades de las partes separadamente. Para lograr una diferenciación clara, con otros tipos de sistemas complejos se denominan *sistemas complejos simples* (SCS).

Los sistemas complejos adaptativos (CAS) ya son complejos porque están conformados por múltiples componentes *intrincados* conectados, en interacción. Estos múltiples componentes son

⁶² Esquema (Schema) indica plantillas mentales o estados mentales del agente que definen como la realidad es interpretada y cuáles son las respuestas apropiadas a un estímulo dado. Los esquemas evolucionan desde los esquemas más básicos, son limitados racionalmente y son diferentes entre los agentes. Son potencialmente indeterminados debido a la información incompleta o sesgada. En un agente pueden coexistir multitud de esquema mientras compite por la supervivencia en un proceso de selección-promulgación-retención (Gell-Mann, 2007).

⁶³ Las abreviaturas CAS (Complex Adaptive Systems) y SCA (Sistemas Complejos Adaptativos), se utilizan intercambiamente en esta tesis.

sistemas complejos y contienen memoria local que les permite almacenar una serie de respuestas estructuradas con base en los diferentes contextos y escenarios. Se les conoce como agentes (autónomos), que pueden aprender de sus experiencias y errores, generar nuevas respuestas (Richardson, 2011) y producir cambios en la estructura del sistema en respuesta a presiones internas o externas en un proceso autónomo llamado autoorganización que responde a su necesidad de adaptación al medio en entornos cambiantes, sin necesidad de un control centralizado (Chan, 2001). Es evidente la profunda relación existente entre los SCS's y los CAS's, los CAS poseen algo adicional que soporta la evolución adaptativa (Richardson, 2011). Debe quedar claro que un sistema adaptativo es necesariamente complejo, pero el inverso no es necesariamente cierto.

La complejidad surge cuando las dependencias entre los agentes operando llegan a ser importantes (Miller & Page, 2007). El enfoque causal directo no es aplicable. Holland (1999) define estos sistemas como *complejos adaptativos*: una red dinámica de agentes actuando en paralelo, constantemente reaccionando a lo que otros agentes hacen, lo cual a su vez influencia los comportamientos y la red como un todo (The Healt Foundation, 2010). Holland (1999) indica que el control de los sistemas complejos adaptativos tiende a ser altamente disperso y descentralizado, que estos sistemas tienen muchos niveles de organización, con agentes de un nivel sirviendo como los bloques del edificio para los agentes en un nivel superior, que están constantemente revisando y reacomodando sus bloques de construcción en la medida en que ganan experiencia. Concluye Holland: “*los sistemas complejos adaptativos se caracterizan por una novedad perpetua*” (Waldrop, 1994). En los sistemas complejos adaptativos el orden emerge y no está sujeto a reglas de predeterminación. Tampoco es posible devolver la historia del sistema y el futuro se torna impredecible (Holland, 1999). En algunas ocasiones los efectos sobre el comportamiento colectivo pueden ser muy simples, pero en la gran mayoría de oportunidades la imposibilidad de pronóstico es abrumadora (Bohórquez Arévalo, 2013).

Otros autores han definido los sistemas complejos adaptativos enfocados en las relaciones entre agentes que generan los comportamientos colectivos y sus relaciones con su entorno. También se centran en elementos físicos interpretándolos como conjuntos de unidades interrelacionadas que pueden evolucionar y adaptarse al entorno. Las interacciones entre los agentes de un sistema complejo adaptativo, en general son guiadas por reglas simples, de las cuales emergen comportamientos que no se pueden predecir, así se conozcan las reglas y la naturaleza de los agentes. Pequeñas acciones pueden producir grandes cambios, pequeños cambios o ningún cambio. Desde el enfoque de los sistemas complejos adaptativos, *el control* es reemplazado por *la influencia* y la *predictibilidad* por *el cambio perpetuo*. La complejidad no puede controlarse en la forma en que el manager desearía, pero puede ser influenciada. La teoría de los sistemas complejos adaptativos reconoce tres estados o zonas de operación de estos sistemas: un estado estable, una zona caótica y un estado intermedio denominado el *filo del caos*. Es en el *filo del caos* en donde se sugiere la situación más productiva ya que se considera que es la zona en donde se presenta una mayor capacidad de innovación, adaptabilidad y creatividad (Lewin & Regine, 2002; Solé et al., 1996).

2.4.7.1 Las propiedades y mecanismos de los sistemas complejos adaptativos. Holland (2005) condensa las características básicas de los sistemas complejos adaptativos en cuatro propiedades y tres mecanismos comunes que se describen en la Tabla 7.

Tabla 7 Propiedades de los CAS

PROPIEDADES	Agregación	Agrupamiento de los agentes en categorías comunes Habilidad para actuar en conjunto y producir efectos o tendencias en un cas
	No linealidad	Las consecuencias de las acciones de un agente no son proporcionales a la acción misma
	Flujos	Los agentes son influenciados por las interacciones entre ellos. Los flujos son las interacciones
	Diversidad	Los agentes dentro del entorno modifican su forma para ajustarse a él. Es el producto de adaptaciones progresivas
MECANISMOS	Etiquetado	Facilitan la formación de agregados por interacción selectiva
	Modelos internos	Selección de patrones de comportamiento por parte de los agentes y su conversión a cambios en su estructura interna
	Construcción de bloques	Para generar modelos internos

Fuente: Elaboración propia, basada en Holland (1995)

La Figura 23 corresponde a una representación sintetizada del funcionamiento de un CAS. Los componentes del sistema son los agentes los cuales interactúan y se comunican unos con otros de manera impredecible y no planeada. De estas interacciones surgen regularidades y se forman patrones los cuales se realimentan en el sistema y la información retorna a los agentes que la procesan de acuerdo con sus estados mentales.

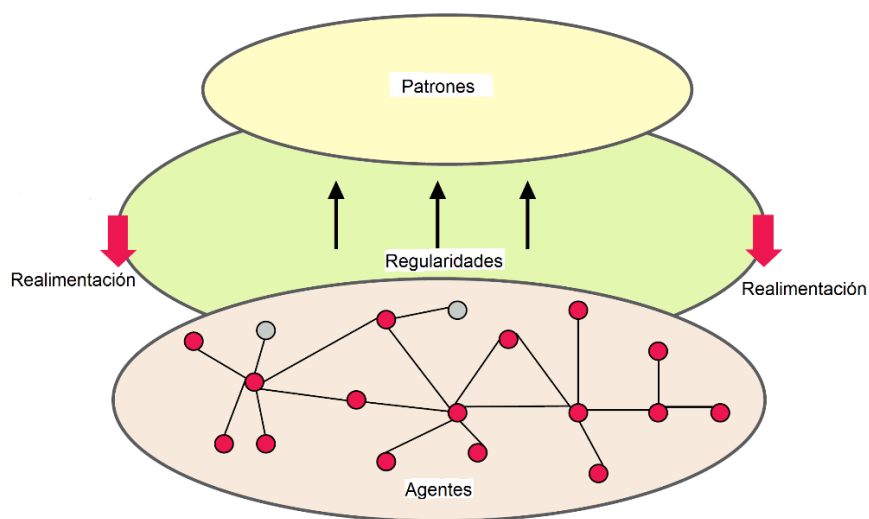


Figura 23 Un CAS en Operación

Fuente: <http://www.trojanmice.com/articles/complexadaptivesystems.htm>

Los agentes modificarán sus estados y por tanto sus acciones de acuerdo a la percepción de éxito en sus objetivos (Fryer, 2001).

2.4.1 Los Dispositivos de la Complejidad. En esta parte, la tesis se enfoca en la explicación de las diferentes técnicas que se han utilizado para el modelamiento de fenómenos en las organizaciones como la teoría de juegos y la dinámica de sistemas enfatizando sobre el ABMS para el modelamiento de las interacciones sociales sus fortalezas y debilidades. Las teorías clásicas y modernas han dado un aporte importante para el entendimiento de los fenómenos sociales. Sin embargo, en un mundo fluctuante, incierto y fuertemente interconectado como se evidencia en la contemporaneidad los cambios acelerados de naturaleza impredecible y turbulenta resultan en comportamientos contraintuitivos (Forrester, 1971) en muchas ocasiones para cuya explicación las herramientas disponibles resultan insuficientes.

Las ciencias de la complejidad brindan opciones que posibilitan nuevas visiones que permiten generar y explicar computacionalmente los fenómenos sociales permitiéndonos evaluar de manera más apropiada las diversas pretensiones de verdad (Epstein, 2008). Una descripción de los principales conceptos de la complejidad que soportan el desarrollo de esta investigación se presentan a continuación (Martínez Díaz & Zapata Domínguez, 2013). Esta tesis se edifica sobre una integración transdisciplinar de tres grandes campos científicos que involucra las ciencias sociales, las ciencias computacionales y las ciencias de la complejidad en un todo armonioso que rompe en mil pedazos las fronteras disciplinares imaginarias de la ciencia normal y se manifiesta como una revolución científica. Este nuevo paradigma se ha denominado la *ciencia social computacional* (Cioffi-Revilla, 2010). La Figura 24 corresponde a una representación gráfica de esta nueva visión.

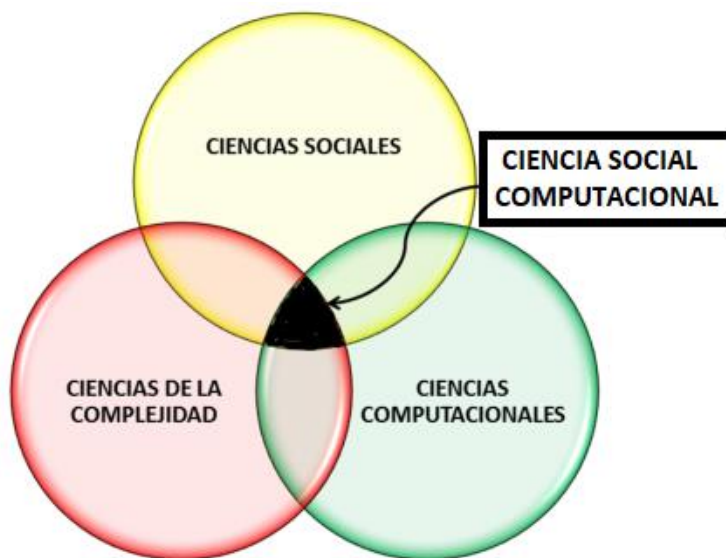


Figura 24 La Ciencia Social Computacional

Fuente: Elaboración propia

Tradicionalmente el progreso de la ciencia se ha fundamentado sobre dos enfoques: 1) el análisis teórico o la ciencia deductiva y, 2) el análisis empírico o ciencia inductiva. La ciencia deductiva formula un conjunto de suposiciones, principios o axiomas y pretende la demostración de diversos fenómenos. La ciencia inductiva trata de hacer generalizaciones a partir de un número de observaciones consideradas como suficientes. Los supuestos, principios y axiomas generalmente se definen como relaciones matemáticas y sus efectos se deducen a través de pruebas matemáticas (Maldonado & Gómez C., 2010; Harrison, 1999).

Ha surgido una tercera clase de ciencia que corresponde al modelamiento y la simulación y que ha logrado su reconocimiento (Waldrop, 1994) en asocio con las ciencias de la complejidad (Maldonado & Gómez C., 2010). Las simulaciones se fundamentan en modelos formales que corresponden a formulaciones rigurosas “*de las relaciones entre las variables incluyendo la formulación de los procesos a través de los cuales los valores de las variables cambian con el tiempo, basándose en razonamiento teórico*” (Harrison, Ling, Carroll, & Carley, 2007, p. 1232).

Los modelos están dirigidos a explicar más que a predecir, en este sentido hay una diferencia crucial entre los dos términos. Epstein (2008) menciona 16 motivos a favor de la característica explicativa de los modelos (Epstein, 2008). Para Macal (2006) algunas razones para modelar y simular son: 1) nuestras limitaciones debidas al pensamiento lineal, no podemos entender como las diferentes partes de un sistema interactúan y como suman al total; 2) no podemos imaginar todas las posibilidades que el sistema real puede exhibir; 3) nuestros modelos mentales limitados no nos permiten prever los efectos totales de eventos en cascada y 4) no podemos anticipar eventos que nuestros modelos mentales no pueden imaginar. Se modela para ganar percepciones, no cantidades, para la explicación como ejercicios del *espacio de pensamiento* (Macal, 2006).

El modelamiento y la simulación aportan a la comprensión del fenómeno bajo estudio, específicamente de los sistemas complejos y no solamente a su visualización (Maldonado & Gómez C., 2010). Aunque la investigación de la teoría de la organización mediante simulaciones computarizadas es de larga data (Harrison, 1999), su uso solo se ha popularizado a partir de los años 90's. La simulación corresponde a una nueva mentalidad en relación al funcionamiento y evolución de la vida económica y social, fundamentada en el comportamiento complejo que puede provenir de eventos simples (Gilbert & Troist, 2006). Martínez Díaz & Zapata Domínguez (2013) han presentado una síntesis de los dispositivos de la complejidad (Martínez Díaz & Zapata Domínguez, 2013) que se presenta a continuación.

La teoría de juegos es una rama de las matemáticas que fue tempranamente aplicada a los estudios de la economía por Von Newman⁶⁴. En situaciones donde se compite por un recurso se puede utilizar como herramienta de análisis buscando explicar el comportamiento de los actores o la mejora de las estrategias. Se puede utilizar para explicar situaciones de largo plazo en la biología

⁶⁴ John von Newman (1903-1957) fue uno de los más importantes matemáticos de la historia moderna. Aplicó la teoría de juegos a los problemas de la economía.

o la sociología. Algunas empresas han utilizado la teoría de juegos para mejorar su situación estratégica de mercado (Hotz, 2006; Easley & Kleinberg, 2010). La teoría de juegos es “*un estudio sistemático de las interacciones estratégicas entre individuos racionales*” (Kockesen & Ok, 2008, p. 8). Opera como un método formal del estudio del conflicto y la cooperación que es aplicable en entornos donde las acciones de diversos agentes son interdependientes. Los agentes son los actores del juego⁶⁵ y pueden ser organizaciones, empresas grupos o individuos. Los conceptos de la teoría de juegos permiten describir, formular, analizar y entender los escenarios estratégicos. Esta teoría posee fundamentación y consistencia matemática que permiten el modelamiento y diseño de procesos de toma de decisión automatizados en entornos interactivos (Turocy & Stengel, 2001) que permite deducir las implicaciones macrosociales a partir de suposiciones respecto del comportamiento a nivel micro social. La teoría de juegos permite el aprendizaje durante las interacciones y el aprendizaje acerca de la reputación de un desconocido (Flache & Macy, 2017).

La dinámica de sistemas utiliza sistemas de ecuaciones en diferencias finitas y ecuaciones diferenciales como los elementos matemáticos que conforman los modelos que pueden dar información del estado futuro del sistema a partir del estado actual. La utilización de la dinámica de sistemas se limita al nivel macroscópico ya que lo que se modela corresponde a un fragmento de la realidad como un todo homogéneo (Gilbert & Troist, 2006). También se han utilizado simulaciones dinámicas en el examen de la cultura organizacional para contrastarla con efectos en el desempeño (Trivelals et al., 2007). Otros avances que permiten observar los comportamientos emergentes de los sistemas (sociales, culturales, políticos, etc.) desde los comportamientos de cada individuo se describen en los apartados siguientes.

La inteligencia artificial es un campo asociado a la ciencia computacional en el área de la informática que se ocupa de la implementación de simulaciones de la inteligencia humana y en el diseño de dispositivos que se asemejan al desempeño inteligente (Gilbert & Troist, 2006).

El modelamiento y simulación fundamentados en la *Inteligencia Artificial (AI)*:

“tiene como finalidad el estudio del comportamiento inteligente en las máquinas. El desempeño inteligente incluye percibir, razonar, aprender, comunicarse y actuar en entornos complejos” (Nilsson, 2001, p. 1).

Se pretende que la *AI* pueda en un futuro diseñar máquinas que realicen estas actividades en igual o mejor forma que los seres humanos. Los desarrollos en *AI* han hecho posible la implementación de la *Vida Artificial*.

La vida artificial. Caracterizar la vida debe hacerse a partir de las propiedades los sistemas vivos (Kaneko, 2006). La vida artificial desde un enfoque sintético complementa la perspectiva analítica de la biología tratando de colocar juntos sistemas que se comportan como organismos vivos. La vida artificial (*Alife*) es un campo de estudio dedicado a entender la vida como proceso a través de la estructuración de teorías generales que subyacen en los fenómenos biológicos,

⁶⁵ El juego corresponde a un modelo formal de una situación interactiva En general involucra a varios jugadores (Easley & Kleinberg, 2010).

recreando esos fenómenos en otros medios físicos como los computadores con lo que se pueden realizar nuevos tipos de manipulaciones y pruebas experimentales. La vida artificial *se dedica a la creación y estudio de organismos y sistemas realistas contruidos por humanos*. Los elementos de este tipo de vida son materia inorgánica, en realidad información que *se cocina* en computadores dando emergencia a esos nuevos organismos (Levy, 1992). Es “*vida hecha por el hombre más que por la naturaleza*” realizada in sílico en donde se utilizan células artificiales en vez de células vivas (Langton, 1988).

Las sociedades artificiales. Aunque las ciencias sociales se dedican al estudio los conglomerados humanos como si fuesen los únicos en el universo, es oportuno mencionar que co-existen los sistemas sociales naturales, los sistemas sociales humanos y los sistemas sociales artificiales, cada uno con su fundamentación teórica y escuelas de pensamiento cuya existencia es la impronta de la complejidad del mundo. Los sistemas sociales humanos se consideran como los de máxima complejidad conocido, criterio que es demostrable más allá de la intuición, a través de diversas estrategias (Maldonado, 2016a).

La concepción de la vida artificial proporciona las bases para la construcción de las *sociedades artificiales* que corresponden a modelos de computador de procesos sociales basados en *agentes* en donde las estructuras y los comportamientos colectivos emergen desde las interacciones de los individuos que se desenvuelven en un entorno bajo unas reglas de comportamiento y decisión preestablecidas. Los agentes se comportan como las *personas* de las sociedades artificiales. Los experimentos tienen tres componentes básicos: agentes, entorno y reglas (Epstein & Axtell, 1996). En la simulación se activan todos los agentes que participan en la sociedad y se observa el macro-comportamiento que emerge desde el comportamiento de los agentes individualmente. En muchas ocasiones se simulan aspectos seleccionados del mundo social en que vivimos, pero, es posible ampliar la cognición hacia *mundos sociales posibles*. Estas simulaciones permitirían concebir nuevas teorías sociales válidas para las sociedades de agentes interactuando (Gilbert & Troist, 2006).

A partir de los años 90's las técnicas de modelamiento y la potencia computacional han tenido un desarrollo espectacular que ha permitido la manipulación de grandes cantidades de datos y la construcción de algoritmos de alta complejidad, lo que convierte estas técnicas en formidables dispositivos para la investigación en las ciencias sociales (Sawyer, 2003). La implementación de las sociedades artificiales se realiza aplicando las técnicas de la inteligencia artificial. En la metodología del modelamiento y simulación se ha empleado la *Dinámica de Sistemas* que utiliza sistemas de ecuaciones en diferencias finitas y ecuaciones diferenciales como los elementos matemáticos de los modelos. Proporciona información del estado futuro del sistema a partir del estado actual. Su utilización se limita al nivel macroscópico ya que lo que se modela corresponde a un fragmento de la realidad como un todo homogéneo (Gilbert & Troist, 2006). Se han utilizado simulaciones dinámicas en el examen de la cultura organizacional para contrastarla con efectos en el desempeño (Trivelals et al., 2007).

Los autómatas celulares. Estos son mecanismos de modelización del mundo en donde el

espacio se representa como una rejilla, el tiempo transcurre a través de pasos discretos, las leyes del mundo se definen mediante un conjunto uniforme de reglas que determinan el estado de una celda tomando en cuenta el estado de las celdas vecinas y su estado anterior propio. Estos modelos han tenido gran aplicación en ciencias como la física, la biología y las matemáticas, además de las ciencias sociales.

Existen diferentes modelos de autómatas celulares desde una a tres dimensiones que difieren en las reglas para la actualización de las celdas: el modelo de paridad es apropiado para la simulación de sistemas físicos, modelos de una sola dimensión que alinean las celdas a lo largo de una línea única con la posibilidad de solo 32 reglas diferentes, los modelos de interacción que pueden utilizarse en la modelización de fenómenos sociales. Entre estos es común el modelo de chismorreos que tiene una naturaleza determinística y mediante el cual es posible explorar los efectos de la probabilidad de transferencia del chismorreos, el modelo de mayoría es una variante del modelo de chismorreos en donde se han modificado las reglas de manera que la transmisión del chismorreos depende de los estados conjuntos de las celdas vecinas etc. Existen ampliaciones de los modelos básicos revisados atrás como los modelos de migración y el de vecindarios ampliados (Gilbert & Troist, 2006; Boccaro, 2010).

Los agentes. Los agentes tienen un origen técnico, pero intercambian información con otros agentes, son inherentemente sociales y se estructuran cognitivamente y socialmente (Gilbert & Troist, 2006). Son dispositivos computacionales más complejos que los autómatas que resultan apropiados para la simulación de sistemas sociales y corresponden en esencia a programas de computador (Macy & Willer, 2002). Los agentes poseen *agencialidad* para conocer la naturaleza de la actividad humana en el sentido del libre albedrío y el poder para lograr los fines propios. La agencialidad se limita, pero mantiene las propiedades de: autonomía, habilidad social, reactividad y proactividad (Harper, 2012). La *reactividad* que es la capacidad del agente para percibir su entorno y responder oportunamente a los cambios y la *proactividad* que se refiere a la propiedad del agente para tomar la iniciativa dentro de su entorno con el fin de lograr sus objetivos (Nienaber & Barnard, 2007). Los agentes son *heurísticos*, es decir, siguen unas reglas simples de comportamiento, son *adaptativos* lo que implica que debido a su capacidad de aprendizaje y evolución sus acciones modifican la probabilidad de recurrencia a los mismos actos debido a procesos de realimentación.

También son *autónomos*, tienen control sobre sus propias metas ya que pueden autocontrolar sus respuestas en función de lo que ocurre en su entorno además el agente desempeña sus tareas sin intervención humana o con muy poca supervisión, son *interdependientes* porque sus acciones están influenciadas por el comportamiento de sus vecinos, son *heterogéneos* en razón a que sus características individuales pueden ser muy diferentes lo que garantiza el cumplimiento de la y están *embebidos* en redes de manera que las dinámicas de una comunidad son propiedades emergentes de sus interacciones locales (Flache & Macy, 2017).

El diseño con agentes consiste en implementar programas que interactúen inteligentemente con su entorno. Como el mundo cada vez es más complejo, los sistemas que se requiere analizar

también incrementan su complejidad. Debido a este incremento en la complejidad las herramientas clásicas de análisis parecen agotadas para el diagnóstico y diseño de los sistemas complejos de la contemporaneidad. El paradigma de la modelización y simulación basada en agentes ABMS (Agent-Based Modeling and Simulation) puede proporcionar nuevas estrategias de solución a los problemas de hoy. El ABMS es muy cerradamente relacionado a los sistemas complejos adaptativos (North & Macal, 2007). En el ABMS se emplean típicamente cuatro tipos básicos de agentes que cumplen con los principios de la inteligencia artificial (Wooldridge, 2002): *agentes reactivos simples*; *agentes reactivos basados en modelos*; *agentes basados en objetivos* y *agentes basados en utilidad*.

El avance de la inteligencia artificial distribuida (IA) ha permitido el diseño y construcción de estructuras de agente cada vez con mayor aproximación al accionar de los seres humanos. Se han incorporado al agente conceptos teóricos provenientes de disciplinas como la psicología y la sociología. En vista de estos avances los agentes respecto a sus características se distinguen como:

Agentes reactivos. Son los agentes típicos de la IA, que se mencionaron antes, se basan en la idea de que los agentes pueden ser muy simples, sin poseer una inteligencia propia tienen comportamiento inteligente para el sistema como una totalidad. Tienen comportamiento estímulo-respuesta, se comunican a través de propagación de señales simples y no tienen una representación de su entorno (Ferber, 1999).

Agentes cognitivos (deliberativos). Son agentes con múltiples ventajas sobre los agentes reactivos. Poseen proactividad, si no hay señales, percepciones o estímulos desde el entorno ellos pueden actuar por si mismos en búsqueda de sus objetivos. Un agente cognitivo es consciente de su situación y puede razonar acerca de ella. Es capaz de construir planes y actuar hacia el logro de sus objetivos. Puede usar su experiencia e información acerca de resultados anteriores para elaborar un mejor plan cada vez que una situación similar ocurra. También son capaces de reconocer cuando una meta se ha logrado. Un modelo muy utilizado es el modelo BDI de agencia basado en tres componentes para el agente cognitivo: *Belief* (Creencias), *Desires* (Deseos) e *Intentions* (Intenciones) (Rao & Georgeoff, 1995).

Los agentes BDI. Esta arquitectura de agentes deriva de la escuela cognitiva y se inspira en la visión cognitiva del ser humano. Fundamenta sus raíces en la tradición filosófica de la comprensión del *razonamiento práctico*: el proceso de decisión momento a momento sobre la acción a tomar para el cumplimiento de nuestros objetivos. El razonamiento práctico involucra: 1) *que* fines deseamos lograr y; 2) *como* lograr esos fines. Los agentes BDI (*Belief, Desires, Intentions*) no solo intercambian datos, sino que se acercan a la representación de las actividades sociales de la vida diaria: cooperación, coordinación, negociación y similares. La teoría del modelo BDI considera no únicamente la ejecución de planes, sino su formación, conservación, terminación, modificación y reconsideración (Bratman, 1999). La estructura genérica de un agente BDI se visualiza en la Figura 25.

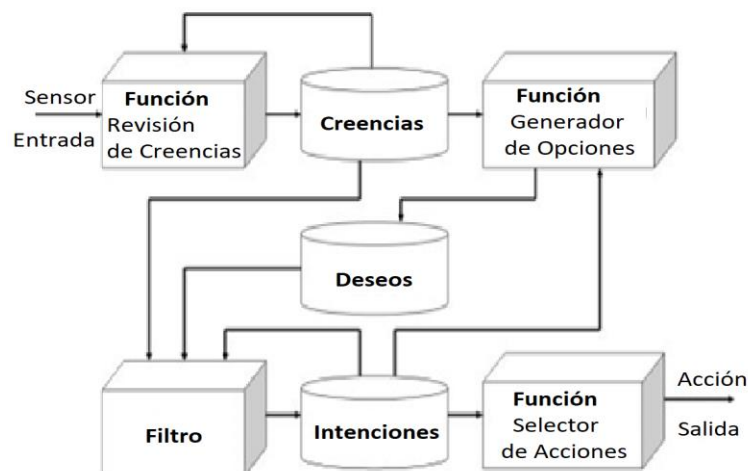


Figura 25 La Arquitectura BDI

Fuente: http://www.inf.ufrgs.br/prosoft/bdi4jade/?page_id=46

En la arquitectura BDI las intenciones son procesadas integradamente con los deseos y las creencias para configurar la estructura mental del agente, la cual determina su comportamiento hacia el logro de sus objetivos (Ren, 2011). La estructuración de las intenciones depende de un modelo de mundos posibles. Las intenciones se comportan como planes de acción parciales que el agente debe realizar para cumplir con sus fines (Olivares Ceja, 2002). El modelo BDI combina tres componentes principales: 1) el aspecto filosófico que estudia el razonamiento práctico dirigido hacia las acciones y que comprende la deliberación y el razonamiento medios-fines. Los resultados de la deliberación son las acciones; 2) la arquitectura de software, que se encarga de la implementación de los agentes BDI y; 3) el sistema lógico que determina los principios que rigen el estado mental del agente para guiar deseos, intenciones y acciones. Son muy utilizadas las lógicas modales y temporales (M. Wooldridge & Simon, 2003).

Los sistemas multi-agente (MAS). Son sistemas compuestos de múltiples elementos computacionales activos denominados *agentes* que están en interacción continua y se representan en un computador como programas de software haciendo posible la representación de un fenómeno como el resultado de las interacciones de un conjunto de agentes autónomos (Wooldridge, 2002). Los agentes son situados en posiciones dentro de un entorno y son relacionados a otros agentes y al entorno mediante reglas. Son aptos para consumir, producir, percibir, manipular y transformar objetos.

Dependiendo de la jerarquía de los agentes podrán “poseer reglas para cambiar las reglas”, de acuerdo con esas reglas podrán interactuar y comunicarse con otros agentes. Los agentes pueden ser simples o proto-agentes, que han sido limitados en cuanto a las características que definen a un agente estándar. Los agentes complejos pueden cambiar o adaptar las reglas de decisión durante el transcurso del tiempo, estos agentes pueden medir el desempeño de sus decisiones y de las decisiones de su entorno y tienen reglas que pueden mejorar el

detalle, la fidelidad y la expresividad de los modelos con respecto al trabajo con reglas simples (North & Macal, 2007). La comprensión de las características de desempeño de estos modelos ha demostrado ser de utilidad en la explicación de múltiples problemas sociales (Funderburk, 2004).

Los agentes evolucionan dentro de un espacio general de creencias culturales (Cultural Belief Set) que corresponde al perfil de la cultura organizacional y van tomando decisiones con base en el espacio de creencias que es particular para cada uno y que se va modificando en la medida que el tiempo transcurre a través de iteraciones sucesivas. La actualización de las creencias emula un *proceso social* que depende de las circunstancias propias del agente y las influencias de los demás agentes. Este tipo de algoritmos permite la construcción de una cultura organizacional dinámica que *emerge y evoluciona* a partir de las decisiones de los agentes individuales cumpliendo con la incorporación de las características esenciales de los sistemas complejos adaptativos (Morris et al., 2010, 2011).

Como esta investigación se dedica a la comprensión y explicación de la emergencia y evolución de la cultura organizacional que es un sistema complejo adaptativo cabe resaltar que los investigadores han concluido que la técnica de los sistemas multiagente es una herramienta apropiada para el estudio de los CAS (Wooldridge, 2002; Weiss, 1999) representando sistemas sociales complejos y sociedades (Epstein & Axtell, 1996). Los modelos basados en agentes son el top del estado del arte en las ciencias sociales. En la sociología, la política y la economía los modelos basados en agentes han conquistado su sitio (Macy & Willer, 2002; Axelrod, 1997).

La cultura artificial. Nicholas Gessler (1995) destaca los beneficios de la utilización del paradigma de la vida artificial en el estudio científico de la evolución cultural que denomina el programa de la *cultura artificial*. La cultura se presenta como un fenómeno que integra los procesos cognitivos, los comportamientos y los productos de trabajo individuales (Gessler, 1995). Gessler (2004) sostiene una postura crítica a las pretensiones de algunos estudiosos de lo que llaman “*estudios culturales de la ciencia*” que pretenden ocupar un terreno “*de la más alta intelectualidad, pero sus planteamientos sobre la cultura resultan en gran parte discursivos y su postura epistemológica a menudo pre-evolutiva y pre-computacional*” (Gessler, 2004, p. 3). El autor anota que:

“mientras ellos usan mentalidades tradicionales para estudiar a las personas que escriben y utilizan simulaciones, nuestro fin es el uso de mentalidades evolutivas y computacionales para estudiar a las personas mediante la escritura y el uso de simulaciones” (Gessler, 2004, p. 3).

La cultura artificial puede proporcionar nuevas metáforas y analogías para el desarrollo de investigaciones en computación evolutiva. Además, puede aportar a la teoría cultural bajo un marco computacional realista de visualización de los comportamientos de los sistemas humanos complejos (Martínez Díaz & Zapata Domínguez, 2013). La cultura organizacional, al igual que otros fenómenos sociales, puede instrumentalizarse por medio de programas computacionales denominados *algoritmos culturales* que simulan la evolución cultural superando los procesos de la evolución biológica.

La cultura artificial puede proporcionar nuevas metáforas y analogías para trabajos en computación evolutiva y puede proporcionar nueva teoría cultural mediante un marco computacional realista para visualizar los comportamientos de los sistemas humanos. Se puede instrumentalizar a través de programas de computador llamados algoritmos culturales que simulan la evolución cultural tratando de superar los procesos de la evolución biológica. Se pueden aplicar en diferentes contextos tanto estáticos como dinámicos y sobre sistemas complejos con el objetivo de lograr simulaciones de alta representatividad sobre el aprendizaje (Sharma, 2006).

Los modelos de evolución y aprendizaje. La computación evolutiva es el nombre que se ha asignado a la resolución de problemas computacionales que han sido planeados e implementados fundamentándose sobre modelos de procesos evolutivos que de una forma general imitan los paradigmas biológicos y las ideas de la selección natural, la mutación y la reproducción (Franklin & Bergerman, 2000). Entre las técnicas de construcción de modelos de aprendizaje y evolución, las más populares corresponden a las redes neuronales artificiales y a la programación evolutiva, ambos se fundamentan en la biología (Boccaro, 2010; Gilbert & Troist, 2006).

Los modelos evolutivos más comunes son los llamados *algoritmos genéticos* que representan a cada individuo como una cadena de números que se generan de forma aleatoria. Los tres principios que se aplican a la población son *la reproducción* que es un proceso de producción de copias que se realiza aleatoriamente o por ajuste; *el cruce* donde se seleccionan dos individuos sobre la base de ajuste y; *la mutación* donde se permuta aleatoriamente la posición única de un individuo a otro valor sintácticamente aceptable. Los algoritmos genéticos han sido muy criticados con preguntas sobre cómo se puede modelar la evolución cultural como similar a la evolución genética si presentan diferencias de fondo y en cuanto al mayor o menor éxito de sus aplicaciones a las ciencias sociales (Chattoe, 1998). Poseen desempeño robusto y han sido utilizados en múltiples aplicaciones de investigación, se apartan de los métodos mecanicistas o estadísticos empleados en los procesos clásicos deductivos e inductivos (Reynoso, 2006).

Las redes neuronales artificiales son modelos computacionales del cerebro humano (RNA) inspirados biológicamente que tratan de emular el funcionamiento del cerebro humano a través de neuronas simuladas dispuestas en varias capas y conectadas entre capas. Las redes neuronales artificiales siguen un proceso de aprendizaje que puede ser supervisado, no supervisado y como una tercera clase especial de aprendizaje supervisado denominada aprendizaje reforzado (Pham & Liu, 1995).

Los modelos generativos. Otros modelos evolutivos son los *modelos generativos* también llamados *modelos de emergencia*. Este tipo de modelos busca derivar las propiedades y comportamientos del macro-nivel de un grupo o sociedad partiendo de las propiedades y comportamientos del micro-nivel. Mediante el diseño e implementación de sociedades artificiales usadas para crecer estructuras sociales *in-sílico* se evidencia que “*ciertos conjuntos de micro especificaciones resultan suficientes para generar el macro-fenómeno de interés*” (Epstein &

Axtell, 1996, p. 20). Los modelos emergentes constituyen una metodología general para estudiar los comportamientos y las propiedades emergentes de los sistemas complejos de una manera sistemática. Estos modelos se fundamentan en la explicación de los fenómenos a través del crecimiento de sociedades artificiales representadas como sistemas multiagente compuestos de agentes autónomos heterogéneos dotados de espacio explícito, racionalidad limitada, capacidad de interacción local y generalmente en no-equilibrio dinámico. Esta postura contrasta con los dispositivos de la ciencia social contemporánea que se fundamentan en la noción de equilibrio y que constantemente ignoran el tiempo, el espacio, asumen interacciones globales (no locales) y dejan de lado la heterogeneidad.

Los modelos computacionales basados en agentes o sociedades artificiales proporcionan nuevas formas de hibridación para el trabajo teórico-computacional que son importantes para el estudio de los sistemas en no-equilibrio. Permiten una visión de los sistemas sociales desde un punto de vista que puede denominarse apropiadamente como *generativo* diferenciándose claramente de los enfoques *inductivo* y *deductivo* de las ciencias clásicas. Se constituyen en una novedosa herramienta para la investigación empírica. El enfoque fundamentado en agentes propone “*la interpretación de la sociedad como un dispositivo computacional distribuido y a su vez la interpretación de las dinámicas sociales como un tipo de computación*” (Epstein, 2006, p. 4). Esta visión proporciona alternativas para el estudio de los problemas de intratabilidad⁶⁶ e indecibilidad⁶⁷ de los fenómenos de las ciencias sociales (Epstein, 2006). Los modelos computacionales basados en agentes tienen la potencialidad para mostrar como las interacciones locales descentralizadas de agentes autónomos generan las regularidades macroscópicas sociales de manera que se pueda explicar su emergencia (Epstein, 2006).

Al respecto del modelamiento y la simulación basada en agentes Epstein (2006), especialista connotado en esta nueva forma científica de enfocar los fenómenos complejos, argumenta que “*la empresa científica es primero y principalmente, explicativa*” (Epstein, 2006, p. 50) resaltando que la contribución principal de esta metodología consiste en facilitar la *explicación generativa*. La explicación generativa de las regularidades macroscópicas sociales se plantea como una respuesta a la pregunta:

“¿Cómo pueden las interacciones locales autónomas de agentes heterogéneos con racionalidad limitada generar las regularidades dadas?” (Epstein, 2006, p. 50).

A diferencia de la búsqueda de equilibrios en la teoría de juegos y la economía matemática en donde la explicación de un patrón social está dirigida a demostrar que se alcanza el equilibrio de Nash, en los modelos generativos en agentes la explicación de un patrón debe evidenciar:

“como una población de agentes cognitivamente plausibles, interactuando bajo reglas plausibles, puede en realidad llegar a esos patrones en escalas de tiempo de interés. El motto en resumen es: *si usted no lo crece, usted no lo explica*” (Epstein, 2006, p. 51).

⁶⁶ No existe un algoritmo de tiempo polinomial para resolverlos.

⁶⁷ La característica de un problema de decisión que no se puede solucionar mediante algún algoritmo.

Explicar una macro-regularidad implica exponer como emergió en una sociedad plausible y como un conjunto de agentes con las características mencionadas pudo llegar hasta esas regularidades en un tiempo razonable (Epstein, 2006).

Comparación de modelos. La ciencia social generativa implementada a través del modelamiento y simulación basado en agentes como nueva propuesta científica ha tenido múltiples detractores que han criticado: la aparente falta de ecuaciones que son evidentes en las ciencias matemáticas duras; la no deductividad que presentan los modelos en agentes y, la carencia de generalidad de los modelos en agentes y su proceso de construcción más bien *ad hoc*. Los defensores de esta propuesta científica, con Epstein a la cabeza, han demostrado que de las posturas anteriores las dos primeras son falsas y la tercera resulta de poca importancia en esta etapa de desarrollo del campo.

En cuanto a la falta de ecuaciones se argumenta que como cada agente es un programa computacional que se escribe en algún lenguaje de programación, resulta computable desde el punto de vista de Turing, es decir por medio de una máquina de Turing. Lo anterior obliga a cumplir con la condición de existencia de una única y equivalente función recursiva. De acuerdo con este criterio uno podría escribir cualquier modelo computacional basado en agentes como un conjunto de expresiones matemáticas de tipo recursivo. Este sistema de ecuaciones puede ser muy complejo por lo que su comprensión se dificulta. Para los profesionales del modelamiento un sistema de ecuaciones de este tipo podría ser extremadamente difícil de reconocer como un modelo de tipo social. En cambio un modelo en agentes resulta comprensible sin mayores inconvenientes (Epstein, 2006).

La idea de que los modelos en agentes no son deductivos pero los planteamientos basados en ecuaciones si lo son también puede refutarse, precisando que cada modelo de un agente corresponde a una deducción estricta. Cada agente siendo un programa de computador puede elaborarse como una función recursiva que se computa determinísticamente a partir de unos valores iniciales. A partir del estado inicial, los valores de los estados subsiguientes se van computando en forma mecánica y determinística a través de procesos recursivos. Este proceso mecánico es deductivo para cada paso de ejecución del modelo. Se puede comprobar que:

“las máquinas de Turing, las funciones recursivas, y la lógica de primer orden por si misma (el sistema de deducción por excelencia) son estrictamente inter-traducibles. En un sentido riguroso cada estado generado en un modelo en agentes es literalmente un teorema” (Epstein, 2006, p. 56).

Por tanto, una explicación generativa es deductiva, aunque la inferencia en sentido inverso no se cumple. Se pueden realizar deducciones sin necesariamente ser generativas (Epstein, 2006). En cuanto a la capacidad de generalización de los modelos en agentes es claro que estos no cuantifican sobre conjuntos de gran tamaño como lo hacen la mecánica y la economía, entre otras. Lo que se desarrolla es un trabajo de experimentación con evolución, imitación, aprendizaje, y racionalidad limitada e inteligencia nula, por ejemplo. A pesar de que se acepta que los modelos en agentes en muchas ocasiones cuantifican sobre conjuntos más pequeños que los modelos de selección racional, se puede expresar su bondad en el sentido de que generalmente son más sensibles al

conjunto de datos utilizados. Se espera que en un futuro próximo se pueda conseguir mayor unicidad y generalidad (Epstein, 2006).

Selección del modelo. En razón a las características expuestas y a la superioridad de los modelos generativos basados en agentes en cuanto a su poder para proporcionar la explicación sobre la emergencia y evolución de los fenómenos de las ciencias sociales sobre la amplia gama de posibilidades de alternativas para el estudio de estos fenómenos como los métodos cualitativos y cuantitativos, la triangulación y las diferentes técnicas de modelamiento dinámico basadas en ecuaciones, en esta tesis doctoral se acogen los modelos generativos basados en agentes incorporando teorías como la del *razonamiento práctico* en la idea de proporcionar cada vez un mayor acercamiento a la realidad del comportamiento que condiciona las acciones del ser humano.

2.4.2 Escenarios y espacio de configuraciones. Se busca explicitar y estructurar los escenarios relevantes para la investigación del fenómeno bajo estudio del espacio de configuración de la cultura de investigación en una Escuela de la universidad pública desde un punto de vista cualitativo. El trabajo con escenarios consiste en un proceso de construcción de futuros posibles considerando resultados alternativos (llamados algunas veces *mundos alternativos*). No se intenta mostrar un cuadro exacto del futuro, más bien se presentan conscientemente varios desarrollos futuros alternativos. De esta manera el ámbito de los resultados posibles a futuro se puede apreciar. Se observan además las trayectorias que conducen a los resultados, además de los resultados. No se utiliza la extrapolación del pasado ni se soporta sobre datos históricos y no requiere de observaciones pasadas para ser aún válido en el futuro. Se busca sencillez y claridad, por tanto, el número de escenarios no debe ser muy grande.

El trabajo con *mundos posibles* corresponde a la simulación de modelos basados en agentes que forman conjuntos agregados de estos, es decir sistemas multiagente que operan como laboratorios en los cuales se pueden generar experimentos sobre realidades artificiales partiendo de realidades observables. Los resultados corresponden a imágenes crudas del cambio transicional. Estas imágenes son consideradas como *experimentos mentales* que facilitan la labor de los administradores para pasar de realidades observables a realidades posibles (Schilperoord, 2005).

Los sistemas multiagente son modelos computacionales que permiten a grandes poblaciones de agentes con estado mental proceder a la toma de decisiones, interactuar con otros agentes y con el entorno y modificar su propio estado mental representando a las personas u organizaciones del mundo real. De la misma manera que en las sociedades humanas reales los SMA's pueden revelar las dinámicas fuertemente complejas de estas sociedades que difícilmente pueden exponerse y estudiarse mediante la utilización de las técnicas tradicionales de modelado.

Los *mundos posibles* nos permiten apropiarnos un nuevo sentido de las dinámicas complejas de nuestro mundo real diseñando e implementando experimentos sobre mundos virtuales. Estas simulaciones proporcionan un marco de trabajo operando de abajo-arriba (*bottom-up*) de las dinámicas del mundo real, alejado de los métodos convencionales. La experimentación nos permite alcanzar una visión que tropieza eventualmente con formas sugestivas de la complejidad

a gran escala que proviene de unas pocas reglas simples funcionando a nivel local (Schilperoord, 2005). Los vacíos que existen en el tratamiento de la cultura organizacional desde las diferentes perspectivas teóricas y metodológicas son formidables. Diversos conceptos de la complejidad en la cultura organizacional aún están en estudio e investigación sin materializarse plenamente. Con la intención de superarlos esta tesis aborda su estudio desde las ciencias de la complejidad. Las simulaciones computarizadas permiten comprobar teorías existentes y realizar posibles mejoras o variaciones a ellas.

2.5 El Ineludible Diálogo Transdisciplinar: Ciencias Sociales y Ciencias Naturales

Esta tesis doctoral busca lograr un mejor entendimiento de los fenómenos sociales que ocurren en las organizaciones respecto del enfoque clásico lineal y mecanicista empleando ciencias de frontera cuyas teorías provienen de las ciencias naturales⁶⁸ y exactas⁶⁹ para el estudio de los problemas de las ciencias sociales. Por tanto, se requiere un acercamiento, un diálogo entre las denominadas ciencias duras y las ciencias blandas que posibilite esta interacción. Estos procesos han sido plenamente argumentados y se viene promoviendo su implementación por diferentes renombrados científicos y diversos organismos internacionales (Wallerstein, 1995).

Las ciencias sociales entendidas como un conjunto de diversas disciplinas con interés sobre aspectos como el comportamiento colectivo están transitando una fase de desarrollo. Este nuevo momento de las ciencias sociales implica la renovación de los dispositivos teóricos apropiados para enfrentar la realidad compleja de las sociedades actuales (Puga, 2009). Esta necesidad es motivada por el acelerado cambio a nivel global que estimula la investigación inter, multi y transdisciplinar atravesando las fronteras imaginarias que compartimentan las diferentes disciplinas. Coinciden estos hechos con los planteamientos de la Comisión Gulbenkian que ha recomendado desde años atrás la necesidad de la apertura de las ciencias sociales⁷⁰ hacia las ciencias naturales (Wallerstein, 1995), a la sociedad y a las tecnologías (Amozurrutia, 2012).

2.5.1 Complejidad y ciencias sociales. Sobre este vínculo Helgio Trindade et al. (2007) expresan que:

“las ciencias sociales han evolucionado considerablemente y presentan hoy una diversidad de puntos de vista sin precedentes. El profetismo del pasado ha cedido el sitio a una concepción que promueve una ciencia social pluridisciplinaria, empírica, ecléctica; sin embargo, no debe olvidar su deber histórico para con el futuro de las sociedades latinoamericanas es necesario *abrir las ciencias sociales*”(Trindade, Sierra, Garretón, Murmis, & Reina, 2007, p. 15).

⁶⁸ Se denominan también como ciencias experimentales. La biología y la botánica son parte de estas ciencias.

⁶⁹ También conocidas como ciencias puras, ciencias duras o ciencias fundamentales. Solo aceptan principios y hechos demostrables mediante leyes. Las matemáticas, la física y la química se encuentran incluidas en esta clasificación.

⁷⁰ La administración, las humanidades y las artes son consideradas como ciencias sociales o ciencias blandas en esta tesis. Sus estudios se fundamentan en la conjetura y las metodologías cualitativas.

A decir de Christakis (2012) una nueva frontera en las ciencias sociales es estimulada por tres fenómenos en proceso:

- 1) Un huracán biológico que se acerca a las ciencias sociales con novedosos descubrimientos que están cuestionando ideas históricamente importantes en las ciencias sociales.
- 2) La ciencia social computacional, con dispositivos que permiten el almacenamiento y procesamiento de grandes cantidades de datos que pueden utilizarse para entender el comportamiento humano individual y colectivo de nuevas maneras.
- 3) La aparición de nuevas fundamentaciones para la experimentación *in silico* con laboratorios virtuales que permiten la participación en red de muchos voluntarios y la manipulación de diferentes estructuras y variables a costos bajos y sin problemas éticos (Christakis, 2012).

El informe de la Comisión Gulbenkian del año 2001 propone una nueva visión más realista de la ciencia que, sin eliminar las disciplinas, pero atenuando las fronteras disciplinares que separaron las *ciencias duras* de las *ciencias blandas*, causantes del alejamiento entre humanidades y naturaleza que conlleve a la formación concreta de científicos abiertos a incursionar en disciplinas múltiples en un nuevo marco conceptual de la ciencia. Se estimula la acentuación en lo complejo, lo temporal, lo inestable, la aceptación de la tensión entre lo uno y los muchos, lo global y lo local, lo universal y lo particular como rasgo esencial de la actividad humana (Wallerstein, 1995).

A este respecto escribe Maldonado (2011) que:

“abrirse al rigor y a las demostraciones, que son, acaso las principales fortalezas de las ciencias naturales. El rigor comprende el rigor semántico, sintáctico, conceptual, matemático y computacional...pasa, sostengo, por la lógica que no es ciencia como tampoco humanidad es.....” (Maldonado, 2011, p. 181).

Considera el autor que la división entre demostración y argumentación es evitable merced a la lógica en general y específicamente a las lógicas no clásicas (Maldonado, 2011). La física, la química, las matemáticas, la biología y las ciencias de computación están dentro de las ciencias que el autor considera deben hacer parte del proceso de apertura, de *complejización de las ciencias sociales*. Esta complejización es coherente con la “*complejización misma del mundo y de la sociedad, de la naturaleza y la realidad*” (Maldonado, 2016).

Para la Comisión Gulbenkian el estudio de los sistemas complejos reviste gran importancia para los análisis en las ciencias sociales dadas las múltiples coincidencias de unos con otros: múltiples unidades interactuantes, evolución de estructuras y organizaciones, comportamientos no lineales, comportamientos espacio-temporales complejos, elementos individuales capaces de adaptación interna y aprendizaje basados en la experiencia. Es claro que:

“las convergencias entre las ciencias naturales y las ciencias sociales se hacen mayores en la medida en que en que las vemos a ambas dedicadas al estudio de los sistemas complejos, en que los desarrollos futuros son el resultado de otros procesos temporalmente irreversibles.” (Wallerstein, 1995, p. 84).

El llamado de la Comisión Gulbenkian al mundo científico se traduce en una acentuación en lo complejo, lo temporal, lo inestable que es lo que concurre en la idea de lo transdisciplinar, sin dejar

de lado el criterio de *racionalidad objetiva*. Se busca el entendimiento de que las grandes dificultades de las sociedades complejas no se resuelven a través del análisis reduccionista cartesiano, sino “enfrentando estos problemas, a los seres humanos y a la naturaleza en toda su complejidad y en sus interrelaciones” (Wallerstein, 1995, p. 87). Concreta Maldonado (2011) que:

“Las ciencias sociales requieren nuevas temáticas, nuevas instituciones, nuevas tecnologías que les permitan comprender mejor la complejidad de las dinámicas sociales y humanas.....Es preciso que los científicos sociales aprendan dos clases de idiomas: el de las ciencias y el de los sistemas computacionales.....antes de ver aquí un conflicto, se trata de una oportunidad de aprendizaje de los científicos sociales para que aprendan además de los suyos propios, los modos y procesos de las ciencias naturales”(Maldonado, 2011, p. 178:181).

Finalmente, es conveniente recordar que las lógicas no clásicas son las que operan en el ámbito de la complejidad, proveen un puente sólido entre las ciencias (que se fundamentan en demostraciones) y las humanidades (que se acogen a la argumentación), ya que en ella convergen la argumentación y la demostración (Maldonado, 2011). Además, en opinión de Maldonado (2016), los problemas de las ciencias sociales están investidos con el carácter de combinatorios, para cuya solución la teoría de la complejidad computacional surge como una buena oportunidad (Maldonado, 2016). Se debe resaltar que las ciencias humanas y sociales permanecen aún al margen de esta aproximación, en un ambiente receloso que puede atribuirse a:

“la fuerte carga computacional, matemática, física y biológica integrada a las ciencias de la complejidad, algo que se ve como externo y alejado al cuerpo de las ciencias sociales y humanas” (Maldonado, 2012, p. 11).

La postura de esta tesis se identifica plenamente con las propuestas para una nueva ciencia social abierta a las ciencias naturales y exactas, y aporta específicamente en el campo del management y las organizaciones, acogiendo el tratamiento del fenómeno de la cultura organizacional como un sistema complejo adaptativo y aplicando las ciencias de complejidad para el entendimiento de su emergencia y evolución.

El aparte a continuación se enfoca específicamente en la exploración de las posibilidades de aplicación de las ciencias de la complejidad a las ciencias de la administración y las organizaciones. Las ciencias de la complejidad han hecho su arribo a las ciencias sociales como un conjunto novedoso de herramientas que aportan al entendimiento de los procesos de cambio en las sociedades contemporáneas superando la reducción de los fenómenos complejos a fenómenos más simples típica del desarrollo de la teoría general de sistemas en las ciencias sociales (Walby, 2003). Desde diferentes ángulos se clama por la adopción de nuevas herramientas para las ciencias del management de manera que se puedan superar los vacíos en sus estudios. Por ejemplo, Smith & Lewis han argumentado que las paradojas que proliferan en crecimiento en los estudios organizacionales han logrado el reconocimiento de que las teorías del management y las organizaciones necesariamente deben redireccionar el fenómeno que es inherente en los seres humanos y su sistema social (Smith & Lewis, 2011). Se requiere confrontar las paradojas para ver *lo que realmente ocurre* en las organizaciones, no *lo que se supone que ocurre*. Los intentos para capturar la alta realidad compleja a través de posturas finitas internamente consistentes son esencialmente incompletos (Poole & Ven, 1989). Los nuevos enfoques deben acoger la

complejidad, la diversidad y la ambigüedad de la vida organizacional al igual que los desafíos que presenta el entorno (Braathen, 2016).

2.5.2 Complejidad y management. La concepción de la naturaleza ha sido mecanicista hasta hace relativamente poco tiempo. Este pensamiento tiene su origen en las ideas de Newton sobre el movimiento de los planetas alrededor del sol que consideraban predecibles sus trayectorias con total certeza y además se sabía que las acciones y reacciones eran iguales y opuestas. Esto es lo que se ha denominado como *el reloj universal de Newton* (Lewin & Regine, 2002). A partir de estas visiones del mundo natural, con comportamiento lineal y mecanicista y tratando de explicar los fenómenos de la naturaleza a través de relaciones causa-efecto simples se ha llegado a la conclusión que el mundo es no lineal y orgánico, incierto e impredecible. Sin embargo, en el mundo de hoy algunos managers aun hablan de un mundo objetivo en donde las palabras tienen significados singulares y en donde se venera la supremacía de la predicción y el control. Las ciencias de la complejidad desafían los presupuestos del management tradicional cuando se precisa que la actividad humana posibilita el *comportamiento emergente* (Lissack, 1999).

En razón a los planteamientos contrarios al mecanicismo y la linealidad del mundo, desde hace varios años autores como Young & Kiel (1994) a propósito de sus investigaciones sobre el fenómeno del caos y, considerando la incertidumbre en entornos que cambian cada vez con más rapidez, proponían la teoría del caos como una posibilidad novedosa para las ciencias administrativas en sus estudios sobre el direccionamiento de empresas, organizaciones y gobiernos. Sostenían estos autores que la teoría del caos además de ser una ciencia de sorpresas y transformaciones es también una ciencia de totalidades y conectividades que trabaja bajo el cambio entre el orden y el desorden en la evolución de los sistemas naturales o sociales. (Young & Kiel, 1994).

En el mismo sentido Sam Overman (1996) ha reclamado que la administración del Siglo XXI debe adoptar la experimentación, las metáforas y los métodos del caos y la teoría cuántica. Aclara Overman, que no afirma que los métodos científicos sociales tradicionales sean obsoletos, sino que su alcance y poder deben ampliarse en la medida de la evolución organizacional. Este autor afirma que la ciencia de la administración de finales de Siglo XX necesita hacer algo más que redescubrir viejos métodos y reafirmar los viejos principios como si fueran inmutables. El paradigma de la complejidad ha tenido un fuerte impacto sobre los estudios del management y las organizaciones al declarar los planteamientos mecanicistas y reduccionistas propugnados por Newton y Descartes como agotándose e incapaces de tratar con la complejidad y la indeterminación de los problemas que encaran estas ciencias en el mundo de hoy (Overman, 1996).

Ya en 1999, Tasaka definió el nuevo paradigma como el “*conocimiento de la complejidad*” al cual adhirió siete tipos de conocimiento para el uso práctico. En esa época calificó al management como “*la más altamente evolucionada forma de complejidad*” (Tasaka, 1999, p.122). Lewin & Regine (2002) sostienen que la teoría de la administración está experimentando un cambio de paradigma desde el antiguo paradigma lineal mecanicista a los modelos construidos sobre los

principios de la complejidad. Explican estos autores que la evolución de la administración se inició con la idea del mundo como el reloj universal de Newton aplicada por Frederick Taylor, padre de la *administración científica*, al contexto de las empresas en los albores del Siglo XX. La concepción de Taylor se basó en la mecánica newtoniana y la termodinámica clásica que se empleaban en esos tiempos para mejorar la eficiencia de la maquinaria de producción. Pero, contraponen estos autores, que el mundo natural no corresponde a un ente lineal, ni mecánico, ni predecible o controlable en forma alguna y que el reloj universal de Newton es solo una aplicación útil en alguna medida del mundo actual.

Los sistemas del mundo de los negocios son en verdad no lineales, su comportamiento es fuertemente impredecible debido a la inhabilidad humana para medir con precisión absoluta y por tanto nada fácil de controlar (Stacey et al., 2000). Son sistemas complejos, no meramente complicados. En tal situación su comportamiento resulta diferente al de la suma de las partes. Los lazos de realimentación positiva y negativa, no lineales presentes en las interacciones entre los agentes⁷¹ generan *un todo* impredecible que a su vez influencia las acciones de los agentes mismos (Lewin & Regine, 2002).

Como se puede evidenciar las ciencias de la complejidad han emergido desde las ciencias naturales y exactas y están haciendo su arribo a las ciencias sociales (Marion & Uhl-Bien, 2001) en el estudio de la complejidad organizacional y el liderazgo (Regine & Lewin, 2000a), en temas sobre el potencial de las ciencias de la complejidad dentro de las realidades de la ciencia del management y las organizaciones (Richardson & Cilliers, 2001); sobre el papel del liderazgo en la autoorganización emergente (Plowman et al., 2007); en la interpretación de las dificultades de un management efectivo en las organizaciones con alta complejidad dinámica y el aprendizaje, la realimentación, el modelamiento y la simulación de las organizaciones como sistemas complejos (Stermann, 1994); en la comprensión del fenómeno de la emergencia en las organizaciones (Goldstein, 1999); sobre la necesidad de que una ciencia dedicada a la complejidad organizacional sea centrada en modelos (McKelvey, 1999). Fundamentados en las consideraciones anteriores se puede inferir que un *desplazamiento Kuhniano* se está produciendo en la ciencia (Regine & Lewin, 2000b) con resultados que pueden ser igualmente dramáticos en las ciencias sociales, paralelamente con los sucesos de cambio acelerado en el mundo de los negocios.

El cambio mundial no admite dudas, además se acelera al impulso de la innovación tecnológica, la globalización de los negocios, la aparición del internet y el comercio electrónico. Ante estas realidades se hace manifiesta la necesidad de respuestas para afrontar, adaptarse y anticiparse dentro de lo posible, a la realidad del mundo de los negocios. De esta forma las ciencias de la administración y las organizaciones se ven permeadas por una influencia creciente de las ciencias de la complejidad que fortalecidas y en perfeccionamiento continuo pueden agregarse a la corriente

⁷¹ Son los componentes de un sistema: pueden ser personas, organizaciones o grupos que interactúan entre ellos y con su entorno.

principal de investigación del management y las organizaciones para una mejor transformación de ellas (Maguire et al., 2006).

Es de resaltar que las ciencias de la complejidad proveen nuevas formas de pensar para adquirir nuevas imágenes sobre la naturaleza y acerca del funcionamiento de las organizaciones (McDaniel Jr. & Driebe, 2005) y conceptos alternativos que brindan entendimientos nuevos para el tratamiento de los problemas del campo de las organizaciones y el management contemporáneos. No son necesarias especificaciones ni objetivos detallados. No deberían tampoco, enfocarse las acciones manageriales en *controlar los procesos* o *vencer las resistencias*, más bien, la organización debería adoptar la creatividad natural y aprovechar la habilidad organizativa de su *staff* y sus *stakeholders* (Plsek & Greenhalgh, 2001) en beneficio de la innovación y la autoorganización. Específicamente, en cuanto a la intersección de las ciencias de complejidad y las ciencias del management Bertuglia & Vaio (2005) consideran que estas tienen un área en común que es el estudio del fenómeno de la emergencia, el cual no ha sido percibido convenientemente por el management tradicional. La emergencia provoca la idea que *el sistema es más que meramente la suma de sus partes* (Bertuglia & Vaio, 2005).

Al centrarse en el management de las organizaciones en la contemporaneidad es ineludible aceptar que estas deben operar en ambientes fluctuantes, turbulentos, inestables e impredecibles en todo momento. Sin embargo, la complejidad de las organizaciones no ha sido una preocupación de las ciencias de la administración que más bien han centrado sus estudios fundamentándose en las concepciones mecanicistas de control, estabilidad, equilibrio eficiencia y eficacia en una clara reificación del modelo de libre mercado. La expresión complejidad fue tomada como *un vocablo con significación adverbial o adjetiva para indicar algo difícil de entender* que no puede ser comprendido fácilmente o también como ruido en los sistemas (Maldonado, 2001; Maldonado & Gómez C., 2011).

La escuela de la estrategia que ha servido como el núcleo de la corriente principal de la administración por varias décadas fue elaborada sobre la presunción de competencia, en donde la organización, sus estructuras y dinámicas, el mercado y la sociedad resultan ser algo como campos de batalla y no de colaboración; explicación que deviene en opinión de Maldonado como *enfermiza, patológica* (Maldonado, 2012c).

Pero, las organizaciones de hoy son complejas, en el sentido más amplio de las ciencias de la complejidad, lo que implica que no pueden ser consideradas como sistemas cerrados, excluyentes. Su complejidad está signada por su existencia en entornos crecientemente variables, inestables e interconectados lo que dificulta y a veces hace imposible el control sobre un entorno único; también por la apertura de las organizaciones que la hace sensible a los impactos del entorno; en razón a la autonomía de los sujetos que no permite su aislamiento respecto del entorno a pesar de los intentos de control panóptico de algunos managers; por la constante falla de la planeación a largo plazo que obliga a la adaptabilidad organizacional para el ajuste constante de los objetivos y visiones mediante la aplicación de inteligencia artificial.

Hablando concretamente, a la luz de la anterior argumentación, el management de las organizaciones es un asunto de máxima complejidad, lo que se requiere es un cambio a una *administración compleja* que para Maldonado (2012) significa *una dirección sin dirección* considerando sin ambages que *“la dirección no es un puesto, un cargo, ni una función. Por el contrario, es una estructura mental”* (Maldonado, 2012, p. 7) y por tanto puede actuar desde cualquier instancia organizacional. En su esencia la administración compleja deviene en la complejización de las organizaciones (Maldonado, 2012c). Algunas investigaciones recientes en los campos de la administración de las organizaciones han demostrado que los sistemas humanos se comportan como CAS desvirtuando la predicción y el control típicamente aplicados para el logro de metas preestablecidas como las herramientas apropiadas para estos fines (Eoyang & Berkas, 1998).

En consideración a que la cultura organizacional, constructo que se estudia en esta investigación, emerge y evoluciona dentro de conglomerados humanos, resulta procedente visualizar, a continuación, las organizaciones desde la perspectiva de la complejidad. Para los propósitos de esta investigación, el posicionamiento de las ciencias de la complejidad como el fundamento teórico apropiado para el estudio del management y las organizaciones vigoriza la tesis que la cultura organizacional debe conceptualizarse, estudiarse y tratarse a la luz del nuevo paradigma. Además de ser complejas, las organizaciones son inherentemente adaptativas, cuestiones que se argumentan en el siguiente aparte.

2.5.3 Complejidad y organizaciones. Los sistemas complejos son en general altamente sensibles al entorno que los rodea. Las organizaciones se pueden visualizar como sistemas evolucionando hacia sistemas complejos adaptativos. Esta tendencia está condicionada por sus atributos de sistema abierto y por los lazos de realimentación que les permiten la autoorganización debido a que poseen un alto grado de conciencia de contexto local y una alta flexibilidad, posibilitando cambios internos de una forma rápida (Obolensky, 2010).

En esta sección se revisa como la teoría organizacional y el management pueden aprovechar la mirada de las organizaciones desde la perspectiva de los sistemas complejos adaptativos a la luz de los desafíos que deben encarar las organizaciones del Siglo XXI. El desarrollo de las TICs⁷² ha impactado las modalidades de la comunicación y determinado nuevas necesidades de operación de las organizaciones, los negocios y la producción industrial y de servicios lo que implica un funcionamiento adaptable, eficiente, flexible e innovador (Palmberg, 2009). Estas exigencias han producido en algunos casos, la emergencia de organizaciones transitorias que son constituidas en un corto plazo, para propósitos limitados y por un periodo de tiempo limitado y luego son disueltas (Cohen, 1999). Las anteriores consideraciones nos llevan a la percepción de que los principios del management moderno, que aún hoy son aplicados en el diario vivir de las empresas, no son suficientes para encarar los desafíos de la organización contemporánea por lo que se deben buscar

⁷² Teorías de la Información y la Comunicación (TICs)

nuevas teorías y herramientas para su estudio entre las que destacan las ciencias de la complejidad.

Según Palmberg (2009) La idea de la complejidad como una posible metáfora para el estudio de las organizaciones se fundamenta en la coexistencia de una estructura funcional y de procesos en las organizaciones que dan origen a una matriz dinámica en la organización. Dado que se manejan variadas y diferentes perspectivas de negocio, que la interconectividad esta aumentada, que se da autonomía a los individuos, que la velocidad de las transacciones va en aumento, etc., la complejidad organizacional se incrementa en vez de reducirse, entonces la gestión de esta complejidad en crecimiento continuo se convierte en un gran desafío para la administración de las organizaciones de hoy (Palmberg, 2009). Las ciencias de la complejidad proporcionan nuevas perspectivas para el tratamiento de las organizaciones y sus actividades (Carlisle & McMillan, 2006). En esta investigación se acoge la idea de las organizaciones como sistemas complejos adaptativos que acogen posibles soluciones para superar estas omisiones. Inicialmente se sustenta la condición de las organizaciones como sistemas complejos y luego se profundiza en los atributos que determinan su adaptatividad.

En primera instancia, se reitera que la concepción de las organizaciones como máquinas, predecibles, determinadas y controlables, de corte cartesiano es una postura anacrónica a pesar de que muchos de sus conceptos aun hoy se aplican en la práctica managerial. La perspectiva de las organizaciones desde la ciencia normal Kuhniana deja de lado su temporalidad, la cuestión de las interrelaciones entre sus miembros y sus interacciones con el medio, además de las inestabilidades, turbulencias y rupturas de simetría⁷³ que son evidentes en la vida organizacional.

Se precisa que las organizaciones son *sistemas* en acuerdo con las condiciones de la teoría general de sistemas, ya que son conjuntos de elementos en interrelación entre ellos y en interacción con la organización y con el medio. De estas interrelaciones e interacciones surgen comportamientos emergentes colectivos que no pueden obtenerse mediante el análisis del comportamiento de las partes por separado (*el sistema organizacional es complejo*), a veces inesperados (*la organización es un sistema complejo adaptativo*). Para sustentar estas afirmaciones del carácter complejo de las organizaciones a continuación se amplía la exposición argumental con base en la revisión de la literatura.

Los métodos tradicionales de análisis y los métodos de síntesis de la complejidad se diferencian en que los primeros están afincados en los de métodos lineales como el análisis multivariante, por ejemplo, en los cuales las variables independientes se utilizan para hacer inferencias con carácter predictivo sobre el comportamiento futuro o en otros contextos de algún sistema. Los métodos no lineales emplean enfoques diferentes para el estudio de los datos (Svyantek & Brown, 2000). Los conceptos de la teoría clásica de las organizaciones como estabilidad, equilibrio, armonía, regularidad, predictibilidad, determinación y otros propios de la ciencia clásica del management

⁷³ Ocurre en las transiciones de fase, por ejemplo: cuando el agua se transforma en hielo. “En los sistemas sociales, cuando una organización se mueve de una forma de equilibrio o desde patrones establecidos de trabajo y comportamiento, se crean nuevas formas de trabajo y, nuevas formas de organización pueden emerger” (Mitleton-Kelly, 2003b).

han sido refutados por diferentes científicos (Parker & Stacey, 1994; Morgan, 2007; Regine & Lewin, 2000a; Thietart & Forgues, 1995; Levy, 1994).

Por su parte, Stacey (1995) sugiere que la nueva ciencia de la complejidad puede proporcionar un marco de referencia para la estrategia organizacional. Para este investigador, las organizaciones son sistemas no lineales que pueden localizarse en uno de tres estados de comportamiento: estable, inestable o en inestabilidad limitada. Su idea es que la organización es una red de individuos que aleatoriamente establecen vínculos e interactúan mutuamente entre ellos y con individuos de otras organizaciones. El carácter de las interacciones mutuas con retroalimentaciones positivas y negativas es el responsable de la no linealidad inherente del sistema organizacional que no puede aproximarse a ninguna forma lineal, a riesgo de producir conclusiones seriamente erradas. Aquí es posible la aparición de un orden emergente como una propiedad fundamental de tales redes y los procesos evolutivos y transformacionales que corresponden a la *autoorganización* (Stacey, 1995).

Gareth Morgan (2007) utiliza las metáforas para la soportar las teorías y las explicaciones de los fenómenos organizacionales. El autor contrasta la visión de la organización como una máquina que trabaja en forma eficiente, exacta y predecible contra la visión de la organización como un ente complejo, multifacético, paradójico e impredecible con capacidad de adaptación al entorno donde evoluciona:

“la teoría de la complejidad invita a los directivos a repensar la naturaleza del orden y la organización. En vez de visualizar esas cualidades como estados que pueden ser impuestos a través de medios jerárquicos, o a través de lógicas predeterminadas ...los directivos están invitados a visionarlas como propiedades emergentes. Nuevos ordenes emergen en todo sistema complejo, porque las fluctuaciones internas y externas los colocan en *el filo del caos*. ¡El orden es natural! ¡Es emergente y libre! Pero lo más interesante de todo, su naturaleza precisa no puede ser nunca planeada o predeterminada” (Morgan, 2007, p. 256).

Para Morgan (2007) las teorías de la complejidad proporcionan nuevas perspectivas para la comprensión del fenómeno organizacional considerando a estas como sistemas complejos adaptativos. Las novedades en el ámbito organizacional se gestan como cuestionamientos con relación a la manera en que los conceptos como estabilidad, armonía, predictibilidad, regularidad y otros han sido interpretados por la teoría administrativa (Parker & Stacey, 1994; Nonaka, 1988).

Eve Mitleton-Kelly (2003) opina que, si las organizaciones son vistas como sistemas complejos en evolución, coevolucionando⁷⁴ dentro de un ecosistema, nuestra concepción en relación con la estrategia y el management cambian y la novedad en las interrelaciones y las nuevas opciones de trabajo conducirán a la emergencia de formas organizacionales nuevas, y propone que:

“La complejidad organizacional está asociada con las intrincadas interrelaciones de individuos, de individuos con artefactos (tales como IT) y con ideas, y con efectos de inter-acciones dentro de la organización, como también entre instituciones dentro de un ecosistema social”(Mitleton-Kelly,

⁷⁴ La coevolución es descrita como “un proceso de paisajes acoplados deformándose, donde el movimiento adaptativo de cada entidad altera los paisajes de sus vecinos en la ecología o en la economía tecnológica” (Kauffman & Macready, 1995).

2003, p. 3).

Ilgen & Hulin 2000 consideran que el modelamiento computacional, una disciplina que opera fuera de la experimentación en vivo y los enfoques correlacionales, ofrece ventajas a las severas concepciones de racionalidad limitada del razonamiento humano. La implementación de los modelos acoge la perspectiva de las ciencias de la complejidad y su enfoque en sistemas dinámicos como parte de una tercera disciplina para la investigación organizacional (Ilgen & Hulin, 2000).

Navarro Cid (2001) sostiene la idea de las organizaciones como sistemas en *inestabilidad limitada*. Los presupuestos de estabilidad y equilibrio, como las metas de los *buenos gerentes*, eventualmente pudiesen ser alcanzados en los sistemas cerrados, pero no son muy útiles en la actualidad. Un sistema que tiene intercambios con el entorno y que alcance este estado supone que:

“dicho sistema alcanza un estado tal en el que mantiene constantes dichos intercambios y tal estado no es otro que cuando el sistema no intercambia nada con su entorno, es decir el sistema es un sistema muerto” (Navarro Cid, 2001, pág. 121).

Al mismo tiempo sustenta el carácter de las organizaciones como sistemas dinámicos no lineales, como sistemas en no equilibrio y como entidades autorreferenciales (autopoieticas) y autoorganizadas, para concluir que las organizaciones son complejas y adaptativas (Navarro Cid, 2000, 2001, 2005).

Las organizaciones poseen todas las características de los sistemas complejos, pero además pueden adaptarse a los cambios del entorno que en algunos momentos puede llevar el sistema a comportarse de forma asombrosamente simple y en otras ocasiones de maneras que no se pueden anticipar (Bohórquez Arévalo, 2013). Ha sido demostrado que la realimentación positiva y la no linealidad corresponden a las propiedades esenciales del devenir organizacional que pueden producir patrones emergentes de comportamiento no intencionados y que en muchas ocasiones son contrarios a las expectativas, inesperados y contraintuitivos (Stacey, 1995).

Reason & Goodwin (1999) también argumentan que las limitaciones de los enfoques lineales, mecanicistas cada vez son más notables y evidentes en la lucha por aprehender las complejidades inherentes de los organismos y los ecosistemas, las organizaciones y las sociedades y los patrones del cambio ecológico global. Sostienen estos autores que aunque hablando metafóricamente o no la vida social y organizacional pueden ser entendidas como procesos complejos auto-organizadores lo que se describe como una *teoría generativa* (Reason & Goodwin, 1999).

Se estima que la realidad de las instituciones de educación superior se ajusta al concepto de CAS como estructuras variables con jerarquías sobrelapadas como redes de individuos o grupos de individuos interactuantes que están asociados en una dinámica común por metas o necesidades comunes (Uhl-Bien, Marion, & McKelvey, 2007). Como las organizaciones poseen las características de los CAS: “*diversos agentes que aprenden, e interactúan unos con otros de manera no lineal, y por tanto se autoorganizan, tienen propiedades emergentes y coevolucionan con el entorno*” (McDaniel Jr., 2007, p. 22:23) pueden ser estudiadas con base en sus principios. Estos fundamentos son abordados por los investigadores desde diferentes perspectivas, en parte

debido a que la investigación en este campo es aún joven.

Para Kamo & Philips (1997) la transferencia del concepto de CAS a las organizaciones de negocios proporcionará nuevas directrices para la ciencia del management. Estos autores evalúan las correspondencias cualitativas entre lo que ellos denominan como una *organización adaptativa* y los elementos de los CAS y concluyen que las organizaciones cumplen con las características fundamentales de estos (Kamo & Phillips, 1997).

Bagheri & otros (2013) opinan que:

“para lograr el establecimiento de relaciones coherentes de la organización con sus clientes, su personal y sus proveedores necesita patrones de comportamiento dentro de procesos adecuados que hagan posible la interrelación con el medio ambiente” (Bagheri, Hassani, & Eslami, 2013, p. 394).

Visualizar la organización como un CAS con la facultad para auto organizar las labores y procesos se convierte en una solución (Bagheri et al., 2013).

Para Luhmann (1995) las organizaciones son consideradas como sistemas sociales de interacciones es decir como patrones estables de esas interacciones que resultan de las interrelaciones entre la variedad de individuos de una comunidad (Luhmann, 1995). Los sistemas sociales son ampliamente aceptados como sistemas complejos adaptativos que fundamentalmente se adaptan a cambios en el entorno tratando de mantener su *fitness*⁷⁵ (McQuade & Butos, 2009).

Regine & Lewin (2000) sostienen que “*las organizaciones de negocios son sistemas complejos adaptativos*”. Si científicamente esta argumentación resulta correcta en los sistemas y procesos del mundo natural y en el mundo de los negocios comparten procesos y propiedades fundamentales, entonces la ciencia ofrece algo que la mayoría de las teorías del management no. La presunción es que las teorías del management no son teorías de la realidad sino, y en gran medida técnicas para administrar (Regine & Lewin, 2000a). El estudio de los sistemas complejos adaptativos es una alternativa importante para el entendimiento de las dinámicas organizacionales y la red de actividad económica que opera entre ellas.

Bitar (2006) asume que la visión de las organizaciones como sistemas complejos adaptativos puede aportar a la ampliación de nuestra comprensión sobre la evolución y el cambio organizacional. La adopción de esta perspectiva proporciona luces sobre la importancia de los individuos, las organizaciones y las interacciones entre individuos y organizaciones:

“Estas interacciones conducen a la emergencia de otros fenómenos organizacionales como poder y cultura que son esenciales para el entendimiento de las organizaciones” (Bitar, 2006, p. 8).

Schneider & Sommers (2006) en su trabajo sobre el liderazgo dentro de un sistema complejo adaptativo califican las organizaciones como sistemas complejos adaptativos cuando establecen definiciones para el liderazgo y el proceso de liderazgo (Schneider & Somers, 2006).

Gupta & Anish (2015) insisten en lo inadecuado que resulta el análisis de los sistemas sociales desde el enfoque mecanicista clásico, lo que es cada vez más aparente en los albores

⁷⁵ El *fitness* es la adaptabilidad de un sistema ante los cambios en su entorno (Braathen, 2016).

del Siglo XXI. Los descriptores y teorías clásicos fallan cuando tratan de describir las organizaciones contemporáneas con altos niveles de interconectividad, en donde se manifiestan intrincadas redes de interconectividad entre seres humanos que tienen la capacidad de autoorganizarse para desafiar los cambios. Plantean los autores que el entendimiento de las características de los CAS permitiría encontrar formas para entender y trabajar con la naturaleza profunda de las organizaciones. Esta mirada los lleva a la asimilación de las organizaciones como CAS (Gupta & Anish, 2015).

Los avances de la complejidad han suscitado la aplicación de sus conceptos en áreas específicas de la teoría organizacional como el liderazgo. Regine & Lewin (2000) expresan que el liderazgo orientado por la complejidad “*resulta en una orientación muy humana, lo cual fue una sorpresa, contraintuitiva*” (Regine & Lewin, 2000, Pág.22). También se han realizado diversos estudios sobre el liderazgo basados en sistemas complejos adaptativos (Brown, 2008; Cockburn & Smith, 2013). Mary Uhl-Bien et al (2007) proponen una teoría del liderazgo complejo basado en las características dinámicas e interactivas de los CAS, en cuanto a las estrategias y comportamientos que alientan la creatividad organizacional, el aprendizaje y la adaptabilidad como un resultado de la estimulación de las dinámicas apropiadas de los CAS (Uhl-Bien et al., 2007).

Es al interior de las organizaciones que emerge y evoluciona el fenómeno de la cultura organizacional y aceptando que las organizaciones en general son sistemas complejos adaptativos, *a fortiori* las universidades cumplen esta caracterización como un campo fenomenológico rico para los fines de esta investigación. En esta tesis se adopta el criterio de las organizaciones como sistemas complejos adaptativos.

2.5.4 Complejidad y cultura organizacional. El Siglo XX o la era moderna podría decirse que estuvo asociada al equilibrio o la concepción determinística de la naturaleza, la ciencia y la ecología. El mundo se acogió a una *mentalidad segura* soportada en la promesa de:

“la ciencia y la tecnología para la satisfacción de las necesidades sociales, las dificultades económicas, la cura de las enfermedades y la superación de los errores ambientales del pasado. Pero a finales del siglo emergió la teoría del caos o teoría del no-equilibrio argumentando que los sistemas culturales y naturales son inherentemente variables, inciertos y propensos a los cambios inesperados” (Ahern, 2011, p. 2).

El no equilibrio o teoría del caos es una propiedad de los CAS que se discutió en un aparte anterior en donde se consideró como tales a las organizaciones. El propósito ahora es fundamentar que la cultura de las organizaciones puede interpretarse desde la perspectiva de los sistemas complejos adaptativos ya que ambas involucran tanto un nivel micro como un nivel macro donde las interacciones se dan exclusivamente en el nivel micro ocasionando la emergencia de patrones de comportamiento en el nivel macro.

En las organizaciones el nivel micro corresponde a las interacciones entre los individuos y el nivel macro refleja el comportamiento de la totalidad de la organización como una unidad. Estas consideraciones implican que el trabajo en cultura requiere un método holístico que incluya los comportamientos del sistema y las estructuras en ambos niveles. Además, se debe considerar la

organización como un sistema abierto donde los miembros pueden entrar y salir del dominio del entorno en forma continua. Los niveles micro y macro y la aceptación de la organización como sistema abierto proporcionan una visión de la cultura *emergiendo* como un resultado de las interacciones entre los individuos (*emergencia bottom up*) e influenciada por retroalimentaciones mutuas positivas y negativas no lineales sobre estos mismos individuos adaptándolos a las fuerzas del entorno (*adaptación top-down*).

En la contemporaneidad los investigadores del comportamiento organizacional están utilizando nuevos modelos para el estudio de la cultura organizacional y otros fenómenos sociales. Los investigadores han proporcionado nuevas alternativas sobre los conceptos de la cultura organizacional basados en la complejidad de la cultura a nivel individual. Para la investigación a nivel grupal se ha empleado la teoría de redes (Chao & Moon, 2005). La amplia gama de conceptos y teorías subyacentes al estudio de la cultura organizacional evidencian la complejidad del fenómeno. Los enfoques convencionales de la cultura organizacional son inadecuados, porque en buena medida se basan en modelos que no consideran las dinámicas organizacionales. Una visión alternativa de la cultura organizacional interpretada como una propiedad emergente surgiendo de la negociación continua sobre valores y significados entre los miembros de una organización puede conducir a una práctica radicalmente diferente (Seel, 2005).

Bajo estas premisas la cultura organizacional es representada como una propiedad creada por una *red social* que opera en base a múltiples lazos de pre-alimentación y realimentación de doble sentido no lineales a través de los cuales los valores, las creencias y las reglas son permanentemente comunicados, modificados y sostenidos. Los individuos a través de la red cuentan una y otra vez historias y sucesos organizacionales. Estas redes con sus interrelaciones fabrican “*organizaciones en la sombra*” con personas en constante interacción en la medida en que construyen sentido de sus vidas y establecen sus identidades. Se desarrollan formas a la sombra de hacer las cosas, una identidad colectiva y reglas informales de conducta. La cultura organizacional se sintetiza como emergiendo del intercambio recursivo entre los canales de la formalidad y la informalidad de las organizaciones. Así las cosas, el futuro resulta impredecible, emerge y evoluciona como producto de las interacciones locales de modo que se vislumbra un sistema en transformación continua, en cambio perpetuo sin resultados finales, conduciendo la organización a su más eficiente y adaptable estado de *criticalidad auto-organizada*⁷⁶ (Kernick, 2004).

Desde este tipo de concepciones los patrones de interpretación e interacción organizacional pueden desplegarse de manera transversal rompiendo las fronteras entre las subculturas y en muchos casos trascendiendo los límites organizacionales:

“Esto conduce a patrones paradójicos de unión y desunión en las organizaciones. Las fronteras entre

⁷⁶ El modelo de la Criticalidad Autoorganizada describe la complejidad utilizando la combinación de la autoorganización y la criticalidad. Evidencia como unas dinámicas simples pueden conducir a la emergencia de estructuras muy complejas e impulsar un sistema hacia estados estacionarios en donde se manifiestan varias propiedades de los sistemas en equilibrio, en un punto crítico (Bak, 1996).

las personas aparecen y desaparecen y son marcadas o ignoradas dependiendo de las ideas, los intereses y las identidades que están en juego y el entorno en el cual las interacciones ocurren” (Ybema, 1997, p. 160).

La cultura organizacional como un fenómeno creado por el hombre emerge y evoluciona al vaivén de la formación y adaptación de los patrones de comportamiento mencionados, en un proceso evolutivo caracterizado por eventos complejos (Svyantek & DeSHON, 1993). Algunos desarrollos implementados con base en las ciencias de la complejidad son tratados a continuación.

Frank & Farbach (1999) han elaborado un tratamiento de la cultura organizacional que inicia con las herramientas matemáticas de la dinámica de sistemas pero que incluye discontinuidades, no-linealidades y los efectos de la información dentro de modelos de balance/actitud afectiva. La cultura organizacional se va generando y evolucionando en forma recursiva debido a las diversas interacciones de los agentes con el transcurrir del tiempo. A través de dos procesos fundamentales: influencia y selección. Así, se determina el tipo de cultura de una organización como un fenómeno que tiene tanto influencia interna como efectos exógenos. Sus simulaciones demostraron ser apropiadas para la construcción de una variedad de culturas organizacionales usando este marco. Llama la atención en sus hallazgos que el aumento del nivel de influencia de los agentes sobre sus vecinos buscando consenso produjo polarización o subgrupos a pesar del establecimiento de una dominancia total del efecto de influencia este resultado se muestra contraintuitivo. En este modelo, delineado sobre la concepción de Durkeim, la cultura emerge en la medida en que las cogniciones y los sentimientos convergen debido al proceso de interacción de los individuos y de la selección de otros en las redes. En este estudio la evolución de la cultura organizacional resulta ser un proceso caótico (Frank & Fahrback, 1999).

Chao y Moon (2005) presentan el concepto de *mosaico cultural* de la complejidad de la cultura, entendido como una conceptualización metafórica de los múltiples indicadores de cultura usados para describir un individuo. Para los autores la investigación actual se ha estancado en la revisión de relatos sueltos de la cultura que dejan de lado la complejidad del *mosaico cultural*.

“Es posible que las múltiples identidades culturales sean organizadas en formas dinámicas y no-lineales. Existe un nuevo modelo para la investigación de la cultura para examinar las identidades culturales múltiples a nivel individual y de grupo” (Chao & Moon, 2005, p. 1138).

A nivel individual se consideran apropiadas las teorías del caos y las ciencias de la complejidad para entender la influencia de la cultura en los valores de las personas. A nivel de grupo se considera conveniente la utilización de la teoría de redes para interpretar las dinámicas interpersonales dentro de la organización (Chao & Moon, 2005).

Un *modelo de configuración de la cultura organizacional* ha sido presentado por Dauber y otros (2012). Los autores la justifican como una alternativa que tiene en cuenta la multidimensionalidad y complejidad de las organizaciones, cuestión que requiere de un enfoque multidisciplinar (Dauber et al., 2012). La intención del modelo está fuera de la demostración de fallas de aplicabilidad o significado de modelos que posiblemente cumplieron sus objetivos, más bien se dirige a la búsqueda de enfoques dinámicos y multidimensionales. La idea del nuevo

modelo consiste en proporcionar otros caminos para la investigación de los fenómenos actuales y futuros para los cuales algunos factores que no se tomaban en cuenta en el pasado puedan llegar a tornarse importantes. Al mismo tiempo este modelo examina como se relacionan la cultura organizacional y el cambio organizacional con constructos tales como la estrategia y la estructura. Funciona con base en seis procesos relativos al ambiente interno de la organización, tres de ellos se refieren a procesos anticipativos o de avance que corresponden a una manifestación de dominios a través de la orientación, la operacionalización y los patrones de comportamiento. Relacionados al cambio y el aprendizaje se incluyen otros tres procesos: ajuste de procesos, aprendizaje de lazo único, y aprendizaje de doble lazo. Se modelan también las relaciones entre el ambiente interno y externo a la organización (Dauber et al., 2012).

En la misma dirección apuntando a la caracterización de la cultura organizacional como un sistema complejo adaptativo, Funderburk (2004), conceptualiza la cultura organizacional como un constructo organizador y/o explicativo al mismo tiempo que indica que los modelos inspirados en los sistemas complejos adaptativos sugieren que las culturas fundamentadas en el aprendizaje individual y organizacional en asocio con procesos evolutivos estimulan las transformaciones organizacionales exitosas. La evolución de la cultura organizacional puede explicarse a través de simulaciones computarizadas de modelos utilizando agentes o SMAs con características específicas en ambientes creados que les permiten interactuar y afectarse mutuamente operando bajo reglas simples. Los agentes (reflejando a las personas en una organización) se auto-organizan produciendo patrones agregados de comportamiento que manifiestan la *cultura* de algún componente organizacional o también la cultura de la organización como un todo (Funderburk, 2004).

Maimone y Mormino (2012) argumentan que la cultura organizacional no puede considerarse como un sistema monolítico, ni como un rompecabezas de rasgos inconsistentes, sino más bien como un universo multidimensional en donde conviven el isomorfismo y el dis-isomorfismo, la estabilidad y el cambio, de acuerdo con la escala y el tiempo de análisis. De esta manera múltiples identidades y culturas pueden coexistir dentro de un mismo contexto. Estos autores realizaron un estudio cualitativo de la cultura organizacional para dos organizaciones aplicando para ambos casos triangulación de datos y utilizando el marco conceptual de la complejidad organizacional, los resultados mostraron paisajes complejos, con identidades múltiples, rasgos culturales convergentes y divergentes, conflictos y luchas entre los profesionales. Los resultados sustentan la presencia de un *pluriverso* que está coexistiendo con una meta-cultura débil y por tanto resulta adecuado el enfoque de las ciencias de la complejidad empleado ya que puede proporcionar un marco para desvelar algunas características ocultas de la cultura en las organizaciones postmodernas (Maimone & Mormino, 2012).

Morris, Ross, Hosseini, & Ulieru (2014) han incursionado sobre la visión de la cultura como un sistema complejo, sosteniendo que las ciencias de la complejidad suministran herramientas poderosas para capturar y delinear la cultura. Ellos se enfocan en el modelamiento y examen de la emergencia y evolución de la cultura dentro de las organizaciones reconociendo la cultura como

un sistema complejo, multidimensional, multi agente y como uno de los factores humanos difuso (fuzzy), bien conocido, pero en gran medida intangible. La *emergencia* de la cultura implica su transformación hacia algo que más que la simple suma de sus elementos; la *evolución* se refiere a la acumulación y desarrollo de cambios de alto nivel durante un periodo de tiempo, es decir como las tendencias globales de los cambios en las creencias en todos los niveles ocurridos en sus dimensiones con el transcurso del tiempo; el *equilibrio* denota el balance o centralidad que se da dentro de un sistema ocasionado por las interacciones y su fuerza dentro del sistema que proviene de los niveles más bajos (Morris et al., 2014). La visión de la cultura organizacional como un sistema complejo en este trabajo es soportada en los conceptos de emergencia, evolución y equilibrio respaldando las ideas fundamentales de la investigación.

El propósito de las secciones anteriores consistió en lograr un acercamiento para argumentar sólidamente el carácter de la cultura organizacional como un sistema complejo adaptativo. Es indudable su naturaleza como sistema complejo. En lo que sigue se deja en claro que sus propiedades la impregnan como un CAS. Hacia el objetivo que se está buscando autores como Ghinea & Bratianu (2012) consideran que, si se acepta que la cultura organizacional es a la vez un *sistema* y un *integrador*, atributos que ya fueron verificados, se puede deducir su naturaleza evolutiva y auto referencial. Y un sistema autorreferencial es por su naturaleza un *sistema complejo adaptativo* CAS (Ghinea & Bratianu, 2012).

Richard Weeks (2010), considera que el estudio de la cultura organizacional por medio de los paradigmas tradicionales ya no resulta efectivo si se tienen en cuenta *los cambios impredecibles y disruptivos del mundo altamente complejo, competitivo y turbulento de hoy*. Para Weeks la naturaleza emergente de la cultura organizacional como un sistema vivo, sensitivo a cambios constantes y evolucionando en un escenario contextual complejo conlleva la percepción de un sistema complejo adaptativo, en agudo contraste con la perspectiva tradicional de la cultura que acoge el sentido de orden y estabilidad. La discusión de Weeks concluye en que una visión de la cultura en las organizaciones como un conjunto de patrones emergentes obliga al management a identificarlos como favorables u obstaculizadores de los procesos, así los primeros necesitan ser estabilizados y los segundos deberán ser interrumpidos. Finalmente sostiene que la *realidad* es mejor capturada cuando una perspectiva de CAS para la cultura organizacional es adoptada (Weeks, 2010).

Sonja Sackman (1992) confrontando y combinando la unidad, diversidad y ambigüedad de la cultura organizacional manifiesta que una postura centrada en uno de los paradigmas (integración, diferenciación, fragmentación) no haría justicia a la complejidad de la cultura en la vida cotidiana de las organizaciones contemporáneas ya que las formas culturales son inherentemente ambiguas generando patrones de continuidad y discontinuidad, fronteras entre las personas que aparecen y desaparecen. Ante estas dificultades Sackman opina que:

“una combinación de conocimientos desde diferentes perspectivas puede proporcionar una visión más comprensiva y coherente o puede ser un cuadro complejo y paradójico de la realidad cultural. Un enfoque multi-perspectiva puede cruzar las antiguas líneas de pensamiento y explorar nuevas maneras de pensar acerca de la cultura en las organizaciones”(Sackman, 1992, p. 182).

En este caso se pueden asimilar esas nuevas formas de pensamiento acerca de la cultura organizacional como las promulgadas por las ciencias de la complejidad. Dan Podjed (2011) hace un estudio de los paradigmas aplicados a la cultura organizacional, inicialmente a los cuatro introducidos en la teoría organizacional por Burrell & Morgan (1979): *funcionalista, interpretativista, radical estructuralista y radical humanista*, los cuales están basados en el orden, la regulación y la estabilidad. Podjed, presenta el paradigma de la complejidad como el quinto paradigma de la cultura organizacional y sostiene que este corresponde a la integración de las características de los cuatro mencionados antes, aunque se aparta de la concepción original de estos sin llegar a denegarlos. Entre otras ventajas del paradigma de complejidad, este autor, manifiesta el rechazo a la objetividad del investigador (supuesta en el paradigma cartesiano) de manera que su participación no es relativizada (Podjed, 2011). Arslan & Aydin (2012) sostienen que las diferentes ideologías en las organizaciones, en este caso en las universidades, conducen a diferentes interpretaciones culturales para los individuos lo que da lugar a la complejidad de la cultura organizacional operando en la mente y las prácticas de los académicos (Arslan & Aydin, 2012).

En conclusión, la mirada a la cultura organizacional como un fenómeno que se encuentra inmerso y emerge de las interacciones de seres humanos (*los sistemas complejos adaptativos más notables en el universo*) entre ellos y con el entorno dentro y entre organizaciones, ineludiblemente también sistemas complejos adaptativos como se argumentó anteriormente, se arriba a una concepción sólidamente argumentada de la cultura organizacional como un sistema complejo adaptativo y por tanto su estudio se realiza apropiadamente mediante los conceptos y dispositivos de las ciencias de la complejidad. Por otra parte, la cultura organizacional es un CAS, entonces es justamente un sistema el cual puede ser descrito, simulado y explicado por un sistema multi agente (MAS) dinámico (Fromm, 2004).

A este respecto Situngkir (2004) también asume el análisis cultural como un sistema complejo adaptativo en la fase de criticalidad autoorganizada. Bajo esta concepción el autor desarrolla un modelo computacional de la cultura basado en *memes*, un término acuñado por Robert Dawkins, como un nuevo replicador, o unidad de transmisión cultural o unidad de imitación. El *meme* se puede visualizar como un objeto o sistema cultural transmitido de una persona a otra en una perspectiva de un virus de la mente, pero en total diferencia con las situaciones epidemiológicas (Situngkir, 2004; Dawkins, 2002).

La revisión de la literatura proporciona algunos marcos de referencia y modelos, que no abundan, para el estudio de la cultura organizacional desde la perspectiva de la complejidad (Axelrod & Cohen, 1999; Morris et al., 2011). A este respecto, Yelland (2012) ha desarrollado un marco de referencia para el estudio de la cultura organizacional como un CAS, que en alguna medida sirve como guía para el trabajo de campo cualitativo en esta tesis.

Esta investigación va un poco más allá de los modelos *doblemente empíricos*⁷⁷ ya que proporciona un modelo empírico fundado en experimentos de laboratorio, análisis de redes y modelos en sistema multiagente. Estos modelos son convenientes para los “*estudios sobre coevolución de las acciones de los agentes sociales y las dinámicas de las estructuras de redes sociales, pudiendo extender los resultados de los experimentos y del análisis de redes más allá de los límites del laboratorio y la experiencia*” (García-Valdecasas Medina, 2011, p. 106). Estos modelos permiten investigar el impacto de los comportamientos de los agentes sobre la dinámica de redes y viceversa (Eguíluz et al., 2005). Los intentos de los investigadores por encontrar alternativas que proporcionen un entendimiento a fondo del fenómeno de la cultura organizacional como un sistema complejo adaptativo se dirigen hacia la utilización de los principios de las ciencias de la complejidad. Esta tesis doctoral explora la cultura organizacional desde su realidad fenomenológica buscando sistemáticamente la explicación del fenómeno tal y como se muestra a nuestra experiencia.

2.5.5 La influencia en los fenómenos sociales y los modelos de simulación. La manera de expresar las acciones de la influencia social en modelos ha tenido gran profusión desde la psicología y la sociología desde hace unos 50 años. la influencia social es una fuerza pervasiva en las interacciones sociales humanas. La pregunta seminal de Axelrod: *¿porque no todas las diferencias eventualmente desaparecen si la influencia social reduce las diferencias entre las personas?, ¿cómo es posible la diversidad cultural?* se mantiene sin una respuesta definitiva a pesar del cúmulo de investigación teórica y empírica realizada en la búsqueda de una solución.

El modelo seminal de diseminación cultural propuesto por Axelrod (1977) considera la influencia y la homofilia como los dos mecanismos sociales que pueden explicar la diversidad cultural, aunque con débil robustez ante la presencia de ruido o *mutación cultural*. La *homofilia* Se define como la atracción hacia los otros similares, es el principio que postula que un contacto tiene mayor probabilidad de ocurrir entre personas con alto grado de similaridad que entre individuos disimilares. La homofilia:

“estructura redes de todo tipo,...limita el mundo social de los individuos de manera que tiene profundas implicaciones para la información que ellos reciben, las actitudes que ellos forman y las interacciones que ellos experimentan “ (McPherson, Smith-Lovin, & Cook, 2001, p. 415).

La *influencia social* es la tendencia para convertirse en más parecido cada vez a quienes ejercen la influencia, de esta manera, la interacción entre dos personas tiende a aumentar el número de atributos que comparten. Se define como “*el cambio individual en pensamientos, sentimientos, actitudes y comportamiento a nivel individual como el resultado de la interacción con otro individuo o grupo*” (Rashotte, 2015, p. 4426) que se considera como similar, atractivo o experto (Flache & Macy, 2006). La influencia social de Axelrod (1997) es asimilativa o positiva.

⁷⁷ Se refiere a modelos soportados tanto en experimentos de laboratorio, como en análisis de redes (García-Valdecasas Medina, 2011)

A raíz de las dificultades encontradas al modelo inicial de Axelrod como la inevitable confluencia hacia monoculturas, diferentes investigadores han propuesto extensiones y modificaciones a la concepción inicial. Algunas variaciones incluyen mecanismos como el “*umbral de confianza*” para permitir la persistencia de la diversidad cultural habida cuenta que “*ni los pequeños grupos, organizaciones, vecindarios, ni la sociedad a la larga exhiben una inevitable tendencia hacia el consenso perfecto en todos sus rasgos*” (Flache et al., 2017). En las sociedades la diversidad cultural es al mismo tiempo persistente y precaria (Flache & Macy, 2006). Los resultados de diferentes trabajos empíricos han evidenciado la existencia de las culturas, las diferencias entre ellas, su consistencia y su coherencia a pesar de lo cual una sustancial heterogeneidad interna persiste (Bednar et al., 2010).

Como se produce y mantiene la diversidad cultural es un tema de amplio debate en la actualidad. Las respuestas a estos interrogantes no pueden ser resueltas con estudios empíricos solamente, sino que debe acudir al modelamiento teórico. En la búsqueda de la solución al rompecabezas de la diversidad cultural se han diseñado diferentes estrategias buscando cada vez mayor realismo en el comportamiento y los resultados de los modelos. Entre estos intentos pueden mencionarse el modelo del actor que asume la opinión más frecuente entre los miembros de su red de contactos de forma similar a los modelos en que se implementa una regla de la mayoría local para describir las dinámicas en debates públicos como reforma, cambios de comportamiento o retaliaciones militares (Galam, 2002).

En algunas oportunidades se evalúa la influencia de los vecinos por el *impacto social* en donde se puede calificar la opinión por -1 o +1 (Parisi et al., 2003). Se ha experimentado con extensiones del modelo de Hopfield de redes involucrando criterios como homofilia, xenofobia, diferenciación e imitación (Macy et al., 2003).

Otras investigaciones han incorporado el factor “*luchando por la singularidad*” (*striving for uniqueness*) que considera la individualización como una fuerza impulsora del fenómeno de agrupamiento en sociedades humanas.

Este factor pondera el deseo de los individuos por aumentar su singularidad o individualidad cuando hay demasiados miembros de la comunidad que tienen opiniones similares. Para los experimentos se involucra influencia social, fuerzas integradoras y fuerzas desintegradoras (Mäs et al., 2010). La inclusión de conceptos como la *influencia social repulsiva* (también conocida como rechazo, influencia negativa, diferenciación o reactancia) responde a la idea de que los actores en un conglomerado humano pueden cambiar sus opiniones o comportamientos buscando distanciarse de quienes les resultan poco agradables o tienen visiones que están muy alejadas de las propias.

En el intento por influenciar a otra persona, se puede obtener un resultado opuesto es decir se evidencia un efecto *boomerang* (Levy & Maaravi, 2017). La combinación de los efectos de la influencia social, la diferenciación social y la lucha por la individualidad han dado como resultado experimentos donde se mantiene la diversidad cultural (Mäs et al., 2014). Sin embargo, los científicos de este campo consideran que dejando de lado algunas especificidades, en general se

pueden integrar en tres grandes grupos de algoritmos para los micro-procesos por los cuales evoluciona la opinión de los agentes en cuanto a la influencia social (Flache et al., 2017), como se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8 Modelos de Influencia Social

CLASE DE MODELO	SUPUESTOS CENTRALES	RESULTADOS
Modelos de influencia social asimilativa	Los individuos interactúan en una estructura de relaciones que siempre los influencia hacia la reducción de las diferencias de opinión.	Si las relaciones forman una red conectada, en general las dinámicas de influencia inevitablemente generan consenso en el largo plazo
Modelos de influencia con similaridad sesgada	Únicamente los individuos con suficiente similaridad pueden influenciar a los demás para reducir las diferencias de opinión.	El consenso puede ser evitado. Si el sesgo de similitudes es suficientemente fuerte, entonces emergen múltiples clústeres diferentes (fragmentación). Las opiniones nunca salen del rango inicial
Modelos con influencia repulsiva	Cuando los individuos son muy disimilares y pueden influenciar hacia el aumento de las diferencias mutuas de opinión.	El consenso puede ser evitado. Los clústeres se forman y pueden adoptar visiones totalmente opuestas (bipolarización). Las opiniones pueden salir del rango inicial

Fuente: (Flache et al., 2017)

2.6 La Matriz de Análisis Teórico

Entre las técnicas de recolección de datos para la investigación cualitativa se encuentra la entrevista. El instrumento para volverla operativa varía entre un documento muy estructurado y una propuesta completamente abierta. También varía en cuanto a la profundidad de los temas a indagar y sobre temas conexos que el investigador considera de interés para aportar a la investigación. En el presente estudio se realizaron entrevistas en profundidad semi-estructuradas, se consideró la opción más apropiada por ser una técnica flexible, ya que se puede partir de un guion de preguntas o temas de interés y en su desarrollo es posible la profundización en algún punto de interés o formular nuevas preguntas a partir de la interlocución. Se realizaron 9 entrevistas semi-estructuradas. Se preparó un guion con los temas sobre los que se quiso indagar. El análisis y resultados de la investigación cualitativa exploratoria se consignan en el Anexo A. Se utiliza un cuestionario de 5 secciones como instrumento de recolección de datos, se presenta en el Anexo B.

2.7 Síntesis del Contexto Teórico

El marco teórico adoptado en esta tesis cubre apropiadamente los conceptos y teorías que se relacionan con las temáticas de la cultura y la cultura organizacional cuyas insuficiencias, debidas en buena medida, a las concepciones lineales y determinísticas heredadas de la visión newtoniana y cartesiana del mundo son mejoradas por las teorías de la complejidad y sus ciencias asociadas, los principios del análisis de redes complejas y el modelamiento y simulación basado en agentes. La manera de exposición y su concatenación de los diferentes fundamentos teóricos a lo largo de esta investigación permiten percibir una formulación coherente de teorías y métodos que conducen al logro de los objetivos planteados.

El acervo referencial está consolidado en torno a cada una de las temáticas de la tesis y contiene autores desde las producciones seminales hasta las publicaciones de los resultados de las últimas investigaciones realizadas en los campos que atañen a esta investigación, es decir se trabaja con ciencias de frontera. Similar afirmación es pertinente respecto de la bibliografía relacionada con las herramientas para el estudio y aplicación de las metodologías cualitativas, cuantitativas, el análisis de redes complejas y el modelamiento y la simulación basado en agentes en donde se han estudiado y aplicado tecnologías de punta relacionadas con la ciencia social computacional. La matriz de análisis teórico permite la operacionalización de las variables que intervienen en el fenómeno complejo de la cultura organizacional orientada a la investigación, lo que asegura el cumplimiento cabal de los objetivos específicos.

Capítulo 3. Diseño Metodológico

Las ciencias de la complejidad no son antagónicas a las metodologías cualitativas y cuantitativas y se les considera como un complemento. En esta tesis se han utilizado métodos cualitativos y cuantitativos para adquirir la información que permite la caracterización de los profesores individualmente proporcionando información diferente pero complementaria sobre la sociedad bajo estudio en la búsqueda de una interpretación rica y profunda sobre ella, que conduzca a modelos computacionales en red y en agentes elaborados lo más cercanamente posible a la realidad. La idea pretende un acercamiento, dentro de lo posible a las condiciones de un *experimento natural*⁷⁸. Un experimento natural es inherente a una organización que desea cambiar. No cumple las características del experimento en sentido científico en cuanto a la de prueba de algo y el control que puede ejercer el investigador. Este tipo de “*experimento no puede ser controlado y no hay cierre, ya que se encuentra en curso. Un experimento natural es uno donde la organización misma quiere experimentar y explorar diferentes formas de trabajar y relacionarse*” (Mitleton-Kelly, 2003a, p. 60).

3.1 Tipo de Investigación

Esta investigación utiliza una metodología integrada similar a la que se ha diseñado en la LSE⁷⁹ para la investigación en complejidad (Mitleton-Kelly, 2003a). Incluye un estudio cualitativo exploratorio que busca acercar la simulación a la realidad incluyendo datos empíricos y evitando la generación aleatoria de datos que se emplea generalmente en las propuestas de tipo teórico. Los resultados de este estudio cualitativo exploratorio se utilizan para estructurar una encuesta que proporciona datos cuantitativos para establecer las condiciones iniciales de los agentes que permiten inicializar el sistema multiagente y generar la dinámica de la sociedad artificial bajo estudio.

3.1.1 El Estudio de Caso. Esta investigación utiliza la alternativa del estudio de caso. El estudio de caso se ha definido como “*una indagación empírica que investiga un fenómeno contemporáneo en profundidad y dentro de su contexto real de vida*” (Yin, 2009, p. 18). No es una selección metodológica sino una escogencia de que es lo que se va a estudiar y puede ser un caso simple o complejo; el caso es específico y bien sea que sea funcional o disfuncional es un sistema que mientras se estudia, el investigador está concentrado intentado entender sus complejidades. El propósito de un estudio de caso no es representar al mundo sino representar el caso (Stake, 2003). El estudio de caso es el método apropiado cuando se requiere explorar las preguntas *cómo* y *porqué* en opinión de (Yin, 2009). En algunas ocasiones se pueden explorar varios casos simultáneamente, pero cuando se trata de fenómenos como la cultura en cualquiera de sus posibles orientaciones se

⁷⁸ El *experimento natural* es una estrategia de investigación empírica relativamente nueva, un cuasi-experimento aplicable a las ciencias sociales (Trochim, 2007).

⁷⁹ London School of Economics (Mitleton-Kelly, 2003a).

debe trabajar sobre un caso específico en consideración a que cada organización es diferente y se enmarca en un contexto específico, esta es la situación en esta investigación.

Es importante que el investigador tenga una imagen completa de la organización que se va a evaluar y en buena medida tenga contacto y familiaridad con los integrantes de la organización, Esta es una de las razones por la cual el investigador ha seleccionado una unidad tipo Escuela de las cuales posee un buen conocimiento. Además, el investigador tiene experiencia en administración y docencia en la universidad pública lo que sirve de soporte para la recolección de los datos y la comprensión del problema. El estudio de caso resulta apropiado para responder los interrogantes de esta investigación de acuerdo con las razones expuestas.

El estudio de caso es apropiado para los fines de esta investigación ya que los casos reales, como el que se interpreta son sistemas complejos compuestos de múltiples casos individuales ensamblados (Byrne, 2009).

3.1.2 La población y la muestra. El entorno de la investigación es una Escuela de la universidad pública. El profesorado está constituido por docentes nombrados de tiempo completo. Para el estudio cualitativo exploratorio se seleccionaron nueve profesores con diferentes categoría y experiencia investigativa. Como el ARS y el ABMS operan en función de agentes y no sobre promedios de datos agregados, la población y la muestra son equivalentes y corresponden a todos los docentes a los cuales se les suministró el cuestionario impreso.

3.1.3 Las Técnicas de Investigación. Se han empleado diversas opciones para la recolección de la información en esta investigación: entrevistas semi-estructuradas, observación directa, observación participante, análisis de documentos institucionales y un cuestionario.

3.1.4 De las entrevistas. De entrada, se debe precisar que los cuestionarios típicos de diagnóstico de la cultura organizacional no resultan aplicables a los objetivos de esta tesis. De acuerdo con Patton (2002) las entrevistas en profundidad son recomendables para la recolección de datos desde personas quienes han experimentado el fenómeno de interés, en este caso el proceso de investigación (Patton, 2002). Por tanto, la fuente primaria de datos para esta investigación son las entrevistas semiestructuradas para aprehender las experiencias de los participantes seleccionados.

Un protocolo de entrevista fue diseñado basándose en el marco conceptual elaborado desde la literatura y la experiencia del investigador el ámbito universitario en general y específicamente en la Escuela bajo estudio. Se incluyeron en el guion de entrevista preguntas generales y específicas para ayudar a la exploración de los puntos de vista de los participantes. Las entrevistas tuvieron una duración aproximada entre 35 y 50 minutos.

Las dimensiones teóricas sobre los motivadores de los profesores para realizar investigación, sintetizadas en la Tabla 9 sirven como fundamento para el diseño y ejecución de un trabajo de campo que busca forzar la emergencia de las características distintivas de la investigación en la

sociedad experimental. Se realizaron entrevistas a nueve profesores seleccionados con diferentes categorías docentes y con diferentes trayectorias de investigación, buscando la diversidad. El marco referencial de estas entrevistas corresponde a la operacionalización de la cultura de la investigación⁸⁰ desde la perspectiva de los sistemas complejos adaptativos (Yelland, 2012). Este estudio cualitativo exploratorio (Anexo A.) permitió establecer en principio las variables motivadoras y obstaculizadoras para la investigación en el contexto de una escuela universitaria.

3.1.5 La observación directa y la observación participante. Desde otra arista, es conveniente mencionar que la amplia experiencia del investigador por más de 15 años en convivencia con grupos similares al de este estudio, evolucionando en la carrera docente desde profesor auxiliar a profesor titular, involucrado en múltiples procesos de investigación y ocupando diferentes cargos académico-administrativos ha servido en los términos de observación participante y observación directa para examinar y aportar a la coherencia y solidez de los resultados obtenidos en el estudio cualitativo y para la determinación de cuales factores son realmente importantes en el contexto de la Escuela. Se cumplen las premisas para el investigador de ser un nativo entre los nativos y colocar un interés personal sobre lo que ocurre. El observador ha compartido en buena medida, la vida, las actividades y los sentimientos este tipo de conglomerados por lo que no es extraño a la cultura ni a la vida de los observados (De Bruyne et al., 1974).

Tabla 9 Características Seleccionadas

MOTIVADORES		OBSTACULOS
Curiosidad	Salario	Recurso Físico
Aprendizaje	Prestigio	Recurso Financiero
Investigación Vs. Docencia	Autonomía	
Desafío Intelectual		

Fuente: Realización propia

A partir de los resultados del estudio cualitativo exploratorio y de aplicar los criterios y filtros aportados desde la observación directa y la observación participante se define la cultura de investigación inicial de cada profesor como un grupo de nueve características comunes y una variable que da cuenta de la preferencia de producción intelectual de cada profesor. Las características y la variable de preferencia tienen cinco rasgos personales. La configuración de los factores motivadores y obstaculizadores se presenta en la Tabla 9.

3.1.6 El cuestionario. Las variables motivadoras y obstaculizadoras extraídas del estudio

⁸⁰ Cultura organizacional orientada a la investigación, cultura de la investigación y cultura investigativa tienen significado equivalente en esta tesis.

cualitativo se toman como base para la elaboración de un formulario de encuesta con 49 preguntas tipo escala Likert de 5 puntos, que se suministra a los 36 profesores. Además, el encuestado debe registrar su opinión en dos sociomatrices, una para evaluar la distancia social y otra para establecer las influencias positiva y negativa con escala Likert de 1 a 7. Con base en las sociomatrices se construye la red de contactos y las redes de influencia positiva y negativa, para posteriormente proceder a su análisis (ARS). Se entiende que las opiniones expresadas por los profesores en el formulario de encuesta han sido influenciadas por las características, rasgos, principios y supuestos subyacentes de las teorías del paradigma cognitivo de la cultura organizacional (Schein, 2004a; Smircich, 1983; Martin, 2002). Los datos recogidos en esta encuesta sirven para caracterizar a cada profesor individualmente respecto a su motivación, a los impedimentos y a sus preferencias de producción intelectual. Esta es la impronta con la que se define cada agente en la sociedad artificial que simula el entorno de investigación de la Escuela. De los formularios de encuesta suministrados se recogió el 83 % debidamente diligenciado.

Para el estudio cuantitativo, se solicitó por escrito autorización a la Dirección de Escuela para la realización de la encuesta. La Dirección indicó vía Internet a los profesores sobre el propósito del estudio y la colaboración que deberían brindar. A cada encuestado se le pide autorización para participar en el estudio por parte del investigador principal del proyecto al entregarle el cuestionario impreso. Se entregaron cuestionarios a todos los profesores y se utilizó una escala Likert de 5 puntos.

Tabla 10 Ficha Técnica del Estudio Cuantitativo

Ámbito geográfico poblacional	República de Colombia
Ámbito geográfico muestral	Cali
Tamaño poblacional	36
Unidad muestral	36
Proceso de muestreo	N/A
Cuestionarios válidos	30
Error muestral al 95.5% ($p = q = 50\%$)	+/- 5,68%
Nivel de confianza	95%
Fecha de realización del trabajo	Diciembre de 2017

Fuente: Elaboración propia.

Se calificó 1 como no importante y 5 muy importante. La duración promedio por encuesta fue de 20 minutos. En la Tabla 10 se presenta la ficha técnica de este estudio. Debido a que en su gran mayoría los profesores son del sexo masculino no se realizó distribución de encuestados por esta variable. El análisis estadístico general de los datos arrojó un ajuste razonable, todas las medidas muestran fiabilidad adecuada dado que los índices de fiabilidad compuesta (SCR) son mayores

que 0,6. Además, todas las cargas son significativas dado que el *t-valor* proporciona evidencia de validez convergente (Bagozzi & Yi, 1988).

3.1.7 La diversidad. La selección de los entrevistados en las diferentes categorías profesoraes, diferentes edades, sexo y experiencia investigativa y las cincuenta posibilidades de escogencia de los rasgos del experimento por parte de los encuestados implicando la heterogeneidad de los agentes garantizan la *diversidad apropiada* en los datos utilizados como condiciones iniciales para el sistema multiagente.

3.1.8 La revisión documental. A partir de diferentes documentos institucionales esta revisión permitió entre otros aspectos reseñar la historia de universidad y sus pormenores culturales y establecer el marco normativo de la investigación el cual rige para todas las dependencias.

3.1.9 Validez de la investigación cualitativa. En la investigación cualitativa el análisis de los datos y los hallazgos deben garantizar la confiabilidad y validez de los instrumentos y el estudio mismo. Para lograr estos propósitos, la credibilidad, la transferibilidad, la fiabilidad, la confirmabilidad (Lincoln & Guba, 2002) que reemplazan los criterios positivistas de validez interna y externa, confiabilidad y objetividad (Denzin & Lincoln, 2003) y la integridad (Zapata Domínguez et al., 2006) se consideran como atributos esenciales para garantizar la autenticidad de los hallazgos cualitativos. En el Anexo D. se presentan en forma sintética los fundamentos de validez de una investigación cualitativa.

En este estudio cualitativo exploratorio los participantes fueron seleccionados con diferentes niveles de categoría docente y diferente experiencia en investigación, además de sustentar la guía de entrevista en los principios teóricos asociados a la investigación. Esto se puede asimilar a una triangulación de las fuentes de datos (Krefting, 1991) minimizando la distorsión que se tendría desde un fuente única para mantener *la credibilidad* del estudio. También aportan a la credibilidad del estudio (Patton, 2002) el método riguroso con que se realizó el trabajo de campo, el grado de familiaridad con el fenómeno de la investigación y del grupo bajo estudio que el investigador tiene dada su trayectoria académica, experiencia investigativa y vinculación como profesor titular. Aunque el estudio de caso de esta tesis cumple con algunos de los cinco principios requeridos para la generalización de los hallazgos de un estudio experimental o naturalístico (Lincoln & Guba, 2002) no se pretende generalizar los hallazgos ya que se trata de una fase exploratoria suficiente para los fines buscados.

La fiabilidad o fidelidad. Se puede resaltar el estatus del investigador en este estudio cualitativo exploratorio dada su condición de haber sido miembro por varios años de comunidades similares a la de este estudio. La selección de los entrevistados se estructuró con base en esos conocimientos. Para evitar los sesgos debidos al sitio y condiciones sociales, las entrevistas se realizaron en el lugar donde los entrevistados desarrollan sus actividades o en el sitio que fuese de su agrado. Las definiciones de concepto y premisas del estudio se definieron claramente de acuerdo con los criterios descritos en los temas de investigación de esta tesis.

La *confirmabilidad* es el término naturalista para expresar el aspecto de *neutralidad* u *objetividad* dentro del paradigma racionalista que debe garantizar que los hallazgos de una indagación son función exclusiva de los sujetos encuestados y las condiciones de la indagación y que no están contaminados por los sesgos, motivaciones, intereses y perspectivas del investigador (Guba, 1981). A pesar de la dificultad de separación total del investigador del proceso de indagación (Patton, 2002) en este caso el investigador ha minimizado su injerencia en los resultados y ha delegado la responsabilidad de las entrevistas en una persona experta en esas labores. Además, se ha solicitado a algunos colegas de la Universidad la lectura de los hallazgos y el reporte de sus recomendaciones.

Particularmente para esta investigación el compromiso con *la integridad* se ha cubierto explotando las buenas relaciones, la familiaridad y la confianza que el investigador posee con grupos similares al investigado. Este atributo del investigador le permitió una comunicación fluida con los participantes en razón a su conocimiento de los matices y el lenguaje de ellos, lo que permitió saber cuándo algunas declaraciones estaban bien o contenían sesgos. En algunas situaciones se logró superar incomprensiones entre el investigador y el informante y lograr su cooperación. También se utilizó la triangulación de fuentes ya que se entrevistaron actores con diferentes rangos docentes y diferente experiencia investigativa. Las entrevistas se realizaron en un ambiente flexible que permitió iniciar por lo general para ir particularizando con la intervención del encuestado.

En cuanto a *la coherencia* del estudio cualitativo de esta tesis se puede afirmar que los principios ontológicos del fenómeno cultural organizacional e investigativo han sido ampliamente explorados y contrastados por el autor. Esto se evidencia en los marcos teóricos y contextuales de esta investigación. Idéntica aseveración es válida para el asunto epistemológico. La coherencia y la lógica en la recolección de los datos originada desde los marcos teóricos es manifiesta y se evidencia en los resultados de la tesis. La impronta personal del autor garantiza el manejo probo de la información, dentro un marco ético y profesional dada su amplia trayectoria en el mundo académico e investigativo. Finalmente, se puede afirmar que los hallazgos del estudio cualitativo exploratorio poseen los atributos de calidad y credibilidad suficientes para considerarse como válidos y por tanto apropiados para ser utilizados para los propósitos de esta tesis.

3.2 El Diseño y Construcción del Modelo Computacional en Sistemas Multiagente

El modelo que se implementa es del tipo *elaborado realístico* (ER) ya que se utilizan datos empíricos en vez de generarlos aleatoriamente, esto posibilita correspondencia con los resultados del mundo real. Estos modelos pueden ser aplicados para la exploración de situaciones y problemas particulares. Con un afinamiento adecuado en la obtención de los datos estos modelos pueden llegar a ser útiles intentando la predicción (Wilensky & Rand, 2015). Los niveles de complejidad se incrementan progresivamente incorporando cada vez nuevas funciones al algoritmo en la idea de una construcción de *espectro completo* posibilitando activar o desactivar algunas acciones y explorar los mecanismos interactuando en un sistema simultáneamente con los consiguientes

beneficios para la mejor explicación de los fenómenos bajo estudio (Rand & Wilensky, 2007).

A partir de la fundamentación teórica estudiada y adoptada por esta investigación y luego de la construcción y estudio de los escenarios plausibles se procede a la construcción de un modelo matemático primario en diagrama de bloques apropiado para su escritura computacional. Los ítems considerados en este aparte están dirigidos a indicar los pasos para el diseño, construcción y puesta en marcha del modelo computacional para simular el comportamiento y evolución del sistema cultural de la Institución. Se presentan los fundamentos teóricos y el proceso de construcción del modelo computacional que permite explicar cómo la cultura organizacional evoluciona en una sociedad de individuos interactuantes. Consiste en una sociedad artificial simulada en un Sistema Multiagente (SMA).

En esta etapa se busca llegar a una estructura sencilla del modelo en acuerdo con el principio KISS “*mantenlo simple estúpido*” propuesto por Axelrod (2005) o “*mantenlo breve y simple*” (*keeping it short and simple posible*) (Flache & Macy, 2017) para la construcción de modelos basados en agentes. Las reglas de interacción son simples, la complejidad se evidencia a través de las interacciones con el transcurrir del tiempo. La ocurrencia de interacciones entre los agentes es determinante para que se produzca la emergencia y evolución del sistema y por tanto resultan esenciales en la construcción del modelo. El modelo computacional se fundamenta sobre la combinación de los principios de influencia social tanto positiva como repulsiva (Flache et al., 2017) y responde a la fundamentación teórica sobre cultura organizacional y a las descripciones de los escenarios seleccionados. Dependiendo de las coincidencias o divergencias de los resultados del ítem anterior y con base en el conocimiento de la fundamentación teórica del modelo se realizan ajustes o modificaciones al programa de computador hasta que los resultados sean satisfactorios. Cuando esto se logra el modelo y sus resultados pueden ser utilizados para los experimentos del sistema generativo.

3.2.1 Metodología para alcanzar cada objetivo específico. El objetivo específico “*Diseñar un sistema de modelamiento y simulación que desde la perspectiva de la complejidad permita detectar las dimensiones emergentes de una cultura orientada a la investigación*” se consigue a través del siguiente proceso:

Establecimiento del problema.

Apropiación de la fundamentación teórica de la cultura organizacional y de la complejidad.

Selección de la comunidad que será sometida a estudio.

Elección de los dispositivos de la complejidad apropiados para lograr la emergencia de las dimensiones y patrones culturales: análisis de redes sociales y ABMS.

Recolección de la información que permite establecer las condiciones iniciales de los agentes a partir de sus creencias y preferencias. (Entrevistas y encuesta)

Selección del método de influencia social a aplicar.

Estructuración del modelo computacional para las simulaciones.

Simulaciones en ARS y extracción de las dimensiones culturales emergentes.

Simulaciones en ABMS y extracción de los patrones de comportamiento en diferentes escenarios.

El objetivo específico “*Demostrar cómo partir de los resultados del modelamiento y simulación de una cultura orientada a la investigación emergen ideas, desde el punto de vista de la complejidad, aplicables a la gestión de las organizaciones*” se alcanza aplicando los pasos que se detallan a continuación:

Con base en los resultados de algunos escenarios seleccionados, sintetizar desde el ARS las posibilidades de aplicación a la gestión de las organizaciones a la luz de los preceptos de la complejidad.

A partir de los resultados del ABMS aplicado a los escenarios seleccionados interpretar y explicar la emergencia y evolución de los patrones de comportamiento de la sociedad artificial. Experimentar con diferentes escenarios en la idea *if...then* para estimar políticas y estrategias organizacionales desde la perspectiva de la complejidad.

3.2.2 Esquema general del proceso de investigación. La Figura 26 presenta las fases de desarrollo del proceso de investigación de esta tesis. Se han considerado cinco etapas: Inicio, Contratación, Modelamiento Simulación y Productos. En cada una se detallan las operaciones principales ejecutadas.

ESQUEMA PROCESO INVESTIGACIÓN

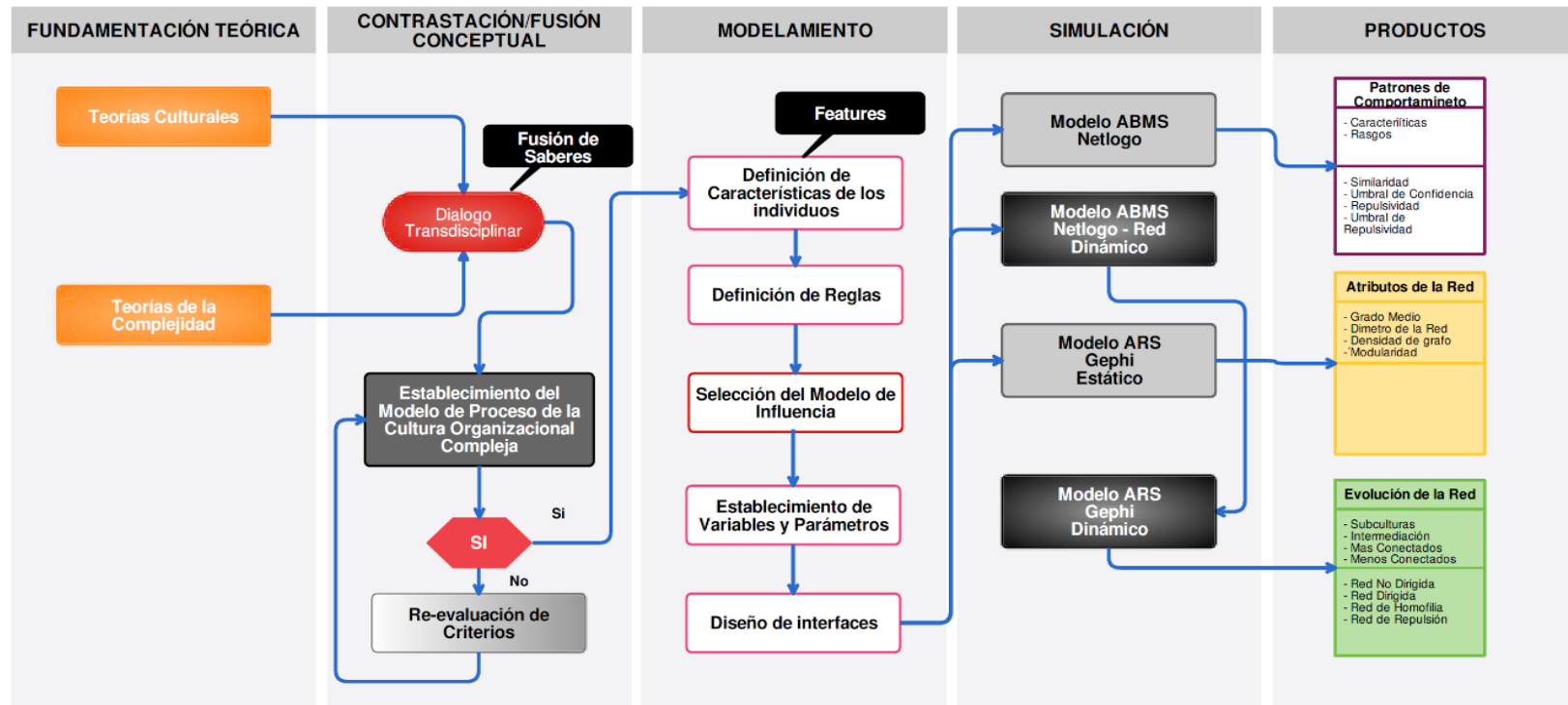


Figura 26 El Proceso de Investigación

Fuente: Realización propia

Capítulo 4. Estudio Empírico y Resultados

4.1 La Investigación Científica en la Universidad Pública

El proceso de la investigación es un aspecto que adquiere las características de una especificidad de la cultura general de una organización. Por tanto, adquiere las características de una subcultura dentro del amplio marco cultural propio de las instituciones de educación superior. Para esta investigación se ha seleccionado una Escuela de la universidad pública como el contexto de desarrollo de un modelo basado en sistemas multiagente (ABMS). En Colombia las universidades públicas cuentan con grupos de investigación que son reconocidos por Colciencias. Estos grupos están vinculados a diferentes redes de investigación de acuerdo con sus líneas disciplinares. Desde las facultades se promueve la formación de semilleros de investigación impulsando la investigación formativa. Los grupos de investigación están compuestos de profesores con niveles de estudios de posdoctorado, doctorado, maestrías y especializaciones y sus estudiantes.

El desarrollo y la producción de investigación se concentran en artículos, libros, ponencias y productos tecnológicos. La calificación de los productos académicos y la categoría de los grupos de investigación se rige por el sistema de medición de la producción científica de Colciencias que se soporta en una ventana móvil. Los productos se clasifican como TOP, A, B, productos de apropiación social del conocimiento y productos de actividades relacionadas con la formación del recurso humano con graduación ceñidas a unas escalas de calidad. En las universidades públicas la investigación se encuentra normatizada bajo las pautas contenidas en un sistema de investigación que establece una estructura organizacional y una serie de requisitos y procesos para la gestión de los proyectos y la calificación de los docentes.

Para esta tesis doctoral los escenarios considerados están en estrecha relación con la función misional de la investigación de la universidad. Se examinarán las características de emergencia y evolución en cuanto a la función misional de la investigación enfocándose en lo relacionado con las características de la cultura investigativa en una Escuela, como una subcultura dentro de la cultura general de la universidad. Las características y aspectos considerados en la teoría cultural se suponen involucrados en las actuaciones de los miembros del grupo de profesores de la que intervienen en el estudio exploratorio a través de sus declaraciones y opiniones.

En cuanto a los factores motivadores y a los obstaculizadores para la producción investigativa no es fácil encontrar datos en Colombia. Para el caso de esta tesis los datos son incipientes o no existen. Por tanto, se realizaron entrevistas los profesores de una Escuela con diferentes categorías, áreas, grupos de investigación y experiencia investigativa. Con base en los resultados de este trabajo se definieron las variables importantes para un estudio exploratorio a través de encuestas dirigidas a obtener una colección de datos con buen grado de certeza que permita definir unas características y rasgos culturales, además de unas reglas de comportamiento sencillas para los agentes del estudio. Estas encuestas se aplicaron a todos los integrantes del grupo profesoral de la dependencia en la cual se realiza este trabajo.

Se trata de construir una descripción del fenómeno cultural de la investigación universitaria que permita diagnosticar cómo es hoy la cultura investigativa en una Escuela de la universidad pública colombiana, cómo son las relaciones de influencia entre sus miembros, que factores los motivan a investigar u obstaculizan este propósito, su importancia relativa y su profundidad e impacto.

4.1.1 La gestión de la función de investigación en las universidades. Los procesos investigativos en las universidades revisten hoy una importancia fundamental en el desempeño institucional a través de estos resultados. Los estados miden la efectividad de las organizaciones universitarias en cuanto a la retribución de los recursos asignados a beneficios para las comunidades como retorno a la inversión.

Las universidades son conceptualizadas por la gran mayoría de las personas como instituciones de enseñanza con carácter institucional y complejidad creciente que tienen una vida más larga que la de otras organizaciones o instituciones en la sociedad (Mintrom, 2008) en donde se imparte a los estudiantes un conocimiento especializado a través de diferentes prácticas y modalidades (Strandburg, 2005). La idea general es que la universidad no es una institución de aprendizaje solamente ya que aunque la transmisión del conocimiento juega un papel preponderante en el desarrollo social y económico, el avance del conocimiento se consolida a través de acciones de descubrimiento basadas en investigación que incrementan el conocimiento existente (Mintrom, 2008). La docencia, la investigación y la proyección social son en Colombia los tres ejes misionales de la universidad.

4.1.2 Un modelo general de la investigación en las universidades. Un modelo general de la investigación en las universidades que resulta útil para clarificar los flujos en el proceso ha sido presentado por Mintrom (2008). El modelo incluye cuatro componentes principales: entradas de investigación, transformaciones, salidas de productos y subproductos de investigación y desarrollo de productos y servicios. También se vinculan al proceso de investigación la docencia, las funciones de la administración y los servicios y las relaciones con los *stakeholders* como en la Figura 27. Es claro que no se produce investigación a menos que un conjunto de recursos de entrada se encuentren disponibles. Entre los *recursos de entrada* es crucial la existencia de un cuerpo académico competente, auxiliares de investigación y estudiantes de posgrado. Además, se requieren reglas formales e informales de conducta y recursos físicos como oficinas, laboratorios, biblioteca y sistemas computacionales. Los recursos financieros son fundamentales para garantizar la cantidad y calidad de la producción investigativa ya que hacen viable la disposición de los recursos físicos mencionados.

Las *transformaciones* se refieren al proceso de combinación de las entradas de investigación que producen salidas de investigación. En la medida en que se mejoren las prácticas para la gestión de los recursos de entrada, la calidad y productividad de la investigación se verá incrementada.

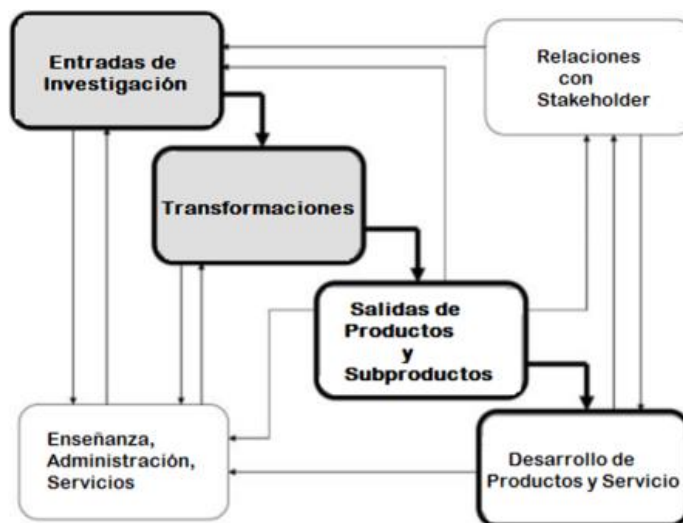


Figura 27 Un Modelo General del Proceso de Investigación en las Universidades

Fuente: Mintrom (2008)

La investigación es un proceso que se consolida cuando se dan productos de esa actividad que deben ser escritos y publicados de lo contrario serán poco significativos socialmente hablando y no podría hablarse de investigación (Maldonado, 2001). Las *salidas de productos y subproductos* de investigación se pueden condensar en una primera instancia en publicaciones de artículos, libros, capítulos de libros y monografías de investigación. También son incluidas las invenciones, los desarrollos de software y las patentes. Cada universidad tiene su propio estatuto de investigación que normatiza y evalúa la producción investigativa. Entre los subproductos de investigación se pueden mencionar las redes de colaboración que se establecen entre investigadores, el desarrollo de nuevas habilidades, los efectos de prestigio institucional que se derivan de la producción, etc. (Mintrom, 2008).

4.1.3 Un modelo del investigador universitario. Como algo no inmediato, que en alguna medida se divisa como contraintuitivo, las tendencias hacia la investigación pueden surgir primariamente por la motivación personal de los profesores quienes han podido obtener su inspiración desde una variedad de preguntas o inquietudes que les han surgido a través de sus experiencias personales, profesionales e incluso familiares. Estos científicos direccionan la acumulación de sus conocimientos en sus respectivas disciplinas hacia esos propósitos. Entonces, sus trabajos de investigación son impulsados por *la curiosidad* y se realizan sin pensar en su aplicación. El objetivo esencial consiste en comprender la naturaleza. Al mismo tiempo, se convierten en productores y consumidores de los productos de esta clase de investigación y además de satisfacer su curiosidad e intereses individuales también buscan aportar a los objetivos de la comunidad científica y de otros investigadores en el largo plazo (Strandburg, 2005).

El entendimiento del comportamiento de un colectivo de investigadores es fundamental para los modelamientos en esta investigación. Según Strandburg (2005) este entendimiento parte del conocimiento de la estructura de preferencias de los investigadores individuales. La realización de

un modelo de esta estructura para el investigador típico es necesaria para entender y explicar el comportamiento de una comunidad de investigadores y las influencias que sobre su producción tienen los cambios normativos y políticos.

Al respecto Stramburg (2005) afirma que una manera de modelar al científico universitario es:

“como un individuo quien una vez que ha obtenido un nivel completo de prosperidad material, deriva una utilidad marginal muy alta de la realización autónoma de la investigación científica impulsada por la curiosidad y desde el consumo directo de conocimiento científico” (Strandburg, 2005, p. 12).

Los resultados de diferentes encuestas muestran que los científicos estiman con alta ponderación los aspectos relativos al *desafío intelectual* y la *autonomía* en su trabajo por encima del *prestigio* y el *salario* (Lam, 2010). Otros resultados muestran que los investigadores académicos tienen salarios más bajos que los investigadores industriales. A pesar de estas diferencias las posiciones para investigadores académicos son muy valoradas y atraen a científicos talentosos. También se afirma que en esas condiciones los científicos académicos se encuentran más satisfechos que los científicos industriales lo que indica que más allá del salario existen motivaciones más importantes para esos individuos. Por las razones expuestas se puede inferir que el investigador típico no está influenciado solamente por las cuestiones económicas, es decir, no es un *homo economicus* exclusivamente, sino que se encuentra permeado fuertemente por otros factores que lo convierten más bien en un *homo scientificus* con decididas preferencias por: 1) el desarrollo de investigación impulsada por la curiosidad; 2) el ejercicio de autonomía en la selección del tema y la dirección de su investigación y la de otros; y 3) el aprendizaje de los resultados del proyecto del colectivo de investigadores (Strandburg, 2005).

En un reciente trabajo Merino & Salas (2016) a través de una investigación con enfoque exploratorio reportan la construcción de un instrumento para la identificación de los factores motivadores y obstaculizadores para el ejercicio de la investigación en los profesores universitarios en Perú. Los autores han estudiado la estructura de las motivaciones y obstáculos para dedicarse a la investigación que experimentan los profesores universitarios desde su propia percepción (Merino-Soto & Salas-Blas, 2016). En los resultados se destacan la *satisfacción personal*, las *habilidades profesionales*, y el *reconocimiento institucional* y las *mejoras en la posición* por encima del factor *dinero*. Entre las dificultades los investigadores pudieron encontrar *problemas de dinero, financiación, asesoría y tiempo para la investigación*. Los resultados obtenidos indican coincidencias con los factores mencionados anteriormente en el ámbito de las universidades norteamericanas.

Para la caracterización, en esta tesis, de los motivadores y los obstáculos que impactan a los profesores sobre su producción investigativa, se realiza un estudio cualitativo exploratorio con el profesorado de una Escuela que involucra los factores mencionados desde la postura teórica, en una primera aproximación. De los resultados de este estudio se sintetizan las variables identificadas. Posteriormente se elabora un formulario de encuesta que permite determinar cuantitativamente la caracterización de participantes, los parámetros y las reglas básicas de comportamiento para la implementación del modelo en sistemas multiagente.

4.1.4 La selección del modelo de influencia social. Para este trabajo sobre la cultura de la investigación se selecciona un modelo que acepta la influencia social asimilativa (*integración social*) e influencia social repulsiva (*diferenciación social*) ambas con posibilidad de establecimiento de un umbral de similaridad. Este modelo se acoge al principio KISS, por lo tanto, se trata de mantenerlo lo más sencillo posible. Sin embargo, debe permitir probar sus resultados en relación con las condiciones del consenso cultural, la diversidad cultural y la polarización de las culturas dentro de la organización.

La novedad del modelo se concreta en aspectos como:

1. Se utilizan datos reales en vez de generar datos aleatoriamente en el propósito de aportar un mayor realismo a los resultados.
2. La localización geográfica de los agentes se realiza basada en la red de interacciones. Esto proporciona mayor realismo a los resultados de las simulaciones.

El modelo genera patrones que pueden someterse a prueba de los estados de consenso y diversidad cultural, polarización o segregación (en clusters) cultural en la organización.

4.1.5 Los recursos e instrumentos. Para el desarrollo del modelo ABMS, su calibración, verificación y posterior ejecución se han utilizado los recursos teóricos y computacionales que se describen a continuación. El formulario de encuesta se ha preparado para indagar sobre los aspectos referentes al proceso de investigación en la Escuela. Recoge los datos necesarios para caracterizar individualmente a cada profesor. Se ha diseñado de manera que los participantes diligencien una sociomatrix que sirve para elaborar los sociogramas asociados que corresponden a los grafos de contactos y de influencias. A partir de los grafos anteriores se estructuran las redes complejas que son de interés. Con base en la caracterización individual de los participantes se aplican los fundamentos del ABMS y estos se convierten en los agentes de la sociedad artificial que se utiliza para nuestros experimentos.

En cuanto a los recursos computacionales se encuentran diferentes plataformas de simulación, algunas de código abierto como *Mason*, *Repast* y *Netlogo*. Considerando la facilidad de programación, la disponibilidad sin costos y acogida que ha tenido en el ambiente científico se ha optado por trabajar sobre la plataforma Netlogo. Esta es una herramienta útil para aproximar a la realidad la simulación de fenómenos complejos. Es:

“un lenguaje de programación multiagente y un entorno de modelamiento para simular fenómenos naturales y sociales...se puede usar es apropiado para su aplicación en la educación y la investigación”(Tisue & Wilensky, 2004, p. 1).

4.1.6 Los experimentos. Los escenarios considerados están en el aspecto de la cultura de investigación que es una de las funciones misionales de la institución. Se consideran las características y rasgos de la cultura que corresponden específicamente al enfoque investigativo es decir a una subcultura dentro de la cultura general de la Universidad. Al mismo tiempo para esta Escuela su cultura investigativa puede considerarse como una subcultura dentro del contexto universitario. Las demás características y rasgos considerados en la teoría cultural se encuentran

imbuidos en las actuaciones de los miembros de esta comunidad académica que se incorporan al estudio de cada uno de los escenarios investigados. Se definen y estructuran los escenarios que son relevantes para el fenómeno bajo estudio de todo el espacio de configuración de la cultura de investigación en una Escuela de la universidad pública.

Se definen los siguientes escenarios:

1. Escenario estándar de Axelrod
2. Escenario con ajuste de similaridad y umbral de confianza
3. Escenario con estrategia de variación de salarios
4. Escenario con ajuste de similaridad, influencia asimilativa, umbral de confianza, influencia repulsiva, estrategia de variación de salarios y aportes a los obstáculos.

Las simulaciones se desarrollan tanto para el ARS como para el ABMS en etapas progresivas iniciando con el modelo estándar de influencia y homofilia (Axelrod) y se van incorporando más funciones en la medida en que se logran funcionamientos adecuados.

- a) *Modelo de influencia y homofilia clásico* (interacciones al azar y van intercambiando atributos, uno a la vez).
- b) *Modelo Influencia, homofilia y similaridad y confianza* (datos empíricos, las interacciones dependen del grado de similaridad, se regula por un slider⁸¹).
- c) *Modelo Influencia, homofilia, similaridad, confianza y salario* (se añaden la propiedad de confianza del emisor y el receptor de las encuestras y se ajusta un nivel mínimo de confianza mediante un slider).
- d) *Modelo Influencia positiva, homofilia, similaridad, confianza, salario, tiempo.*
- e) *Modelo Influencia positiva, influencia negativa, homofilia, similaridad, confianza, salario, tiempo, recursos y apoyos.*

4.2 El Análisis de Redes Complejas en esta Tesis

Integrado a esta investigación se incluye el análisis de la red compleja que representa la sociedad artificial bajo estudio. En el trabajo de campo se indagó entre los 30 participantes, además de las preguntas para establecer las características individuales, sobre: a) la frecuencia de las interacciones y; b) la disposición a trabajar o no en equipo para realizar investigaciones con cada uno de los demás agentes. Al igual que en otras investigaciones la obtención de estos datos relacionales fue una de las tareas “*más difíciles de realizar*” (Molina, 2000).

A partir de estas sociomatrices se construyeron los sociogramas (grafos) que dan lugar a las correspondientes redes de homofilia o *influencia atractiva o positiva* en la Figura 36 y de influencia repulsiva en la Figura 37, que permiten percibir los nodos con mayor conectividad y centralidad, con mayor influencia positiva y mayor influencia negativa. En términos manageriales

⁸¹ El *Slider* es un control deslizable para ajustar los valores de los parámetros en NetLogo.

son rasgos que pueden asociarse con el liderazgo positivo o negativo. A las redes obtenidas se les ha dotado de dinámica lo que permite visualizar la emergencia y evolución de los dos tipos de liderazgo mencionados y evaluar las características más importantes de estas. También se pueden considerar movimientos espaciales de los agentes que no es el caso en esta tesis. Para el ARS es importante tener en cuenta como afirman Barsh et. al (2008) que la descentralización en las redes mejora la colaboración y el desempeño, ellos afirman en cuanto a la complejidad de las redes que:

“Las redes son impredecibles y finalmente imposibles de controlar. El enfoque en el reemplazo de uno o dos miembros inefectivos tiene menos impacto que el establecimiento de las condiciones para redes vibrantes y tomando ventajas de las conexiones a través de las cuales ellas florecen” (Barsh, Capozzi, & Davidson, 2008, p. 42).

Como puede apreciarse en la parte a) de la Figura 28 cuando en una red existe un grupo de liderazgo de mayor tamaño con varios líderes y ellos tiene mente abierta (liderazgo distribuido) se puede inferir la conformación de un equipo de alto desempeño. En esta situación la información fluye más libremente en los dos sentidos entre los nodos de la red dado que el número enlaces es más alto. La jerarquía se mantiene, pero el involucramiento de los integrantes es más fácil y permite la transmisión de la información y el conocimiento en razón la mayor distribución de la red.

En la parte b de la Figura 28 una mirada a la configuración de la red indica la existencia de una exagerada centralización en un solo líder con muchas conexiones directas hacia los integrantes del grupo, lo que indica desconfianza en la delegación. Si este líder posee mentalidad negativa en cuanto a la apertura, la colaboración y sus creencias lo conducen a la idea maquiavélica de *divide y reinarás* el equipo será uno de muy bajo desempeño (Barsh, Capozzi, & Davidson, 2008). En el ARS se utilizan una serie de medidas de carácter global referentes a las características de la red y otras específicamente dedicadas a la determinación de los atributos de cada nodo (Cordón García, 2013). Un resumen de las más utilizadas se presenta a continuación. Para las redes, las medidas permiten examinar la estructura de la red proporcionando información sobre los fenómenos sociales subyacentes, las más comunes corresponden a:

Diámetro. Longitud del camino más largo de la red. Proporciona una idea de la proximidad entre parejas de nodos en la red.

Densidad. Es la proporción de los enlaces actuales a los enlaces posibles en una red. Indica el grado de conectividad a nivel global.

Coefficiente de clustering medio. Medida global que indica la probabilidad de que dos vecinos de un nodo escogido aleatoriamente estén conectados entre sí. Las redes sociales reales corresponden a redes de mundos pequeños (small worlds) con valores de clustering medio relativamente altos. Es el promedio de los coeficientes de clustering de todos los nodos de la red.

Modularidad (Modularity Class). Es una medida de la estructura de las redes o grafos. Mide la fuerza de la división de una red en módulos, agrupamientos, comunidades o clústeres. A mayor modularidad se asume que la red tiene conexiones fuertes entre los nodos que conforman un clúster

y pocos enlaces entre nodos de diferentes módulos (Universidad Nacional del Sur, 2018).

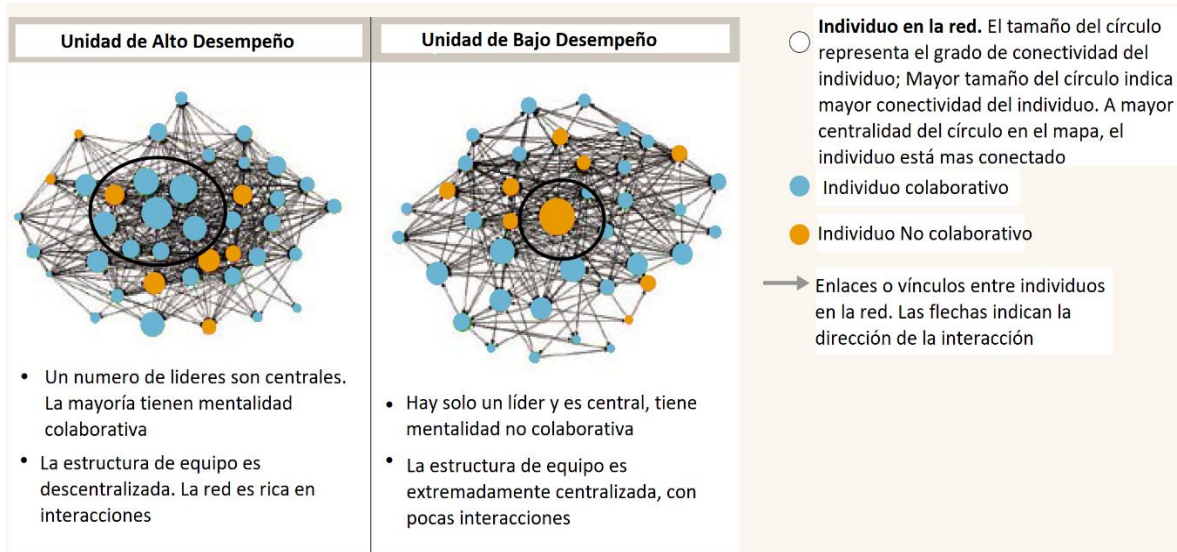


Figura 28 Redes de Equipos de Alto y Bajo Desempeño

Fuente: (Barsh, Capozzi, & Davidson, 2008)

Para los nodos, las medidas están basadas en el concepto de *centralidad* para las redes no dirigidas y *prestigio* para las redes dirigidas, son de común utilización:

Coefficiente de agrupamiento (Clustering Coefficient) también llamado *transitividad* de un nodo es una medida local que indica el nivel de agrupamiento que existe en torno a ese nodo.

Centralidad de grado de un nodo. En una red no dirigida es el número de enlaces que conectan un nodo con otros. En redes dirigidas se usa el *grado de entrada* (in-degree) o prestigio de entrada también conocido como *soporte* para la comunicación entrante y el *grado de salida* (out-degree) o prestigio de salida llamado *influencia* para las conexiones salientes. El grado total es la suma de los dos anteriores. Se llama *fuentes* a un nodo donde las entradas son nulas y *sumidero* cuando no hay salidas. Los actores con muchas conexiones entrantes son *prominentes*. Los actores con muchos enlaces salientes son *influyentes*.

Centralidad de cercanía (Closeness Centrality). En redes no dirigidas se refiere a la distancia de un nodo a otros en la red. La importancia del actor consiste en *estar en medio de las cosas*, no demasiado lejos del centro. En redes dirigidas se pueden considerar los enlaces en cada dirección resultando la cercanía de entrada y la cercanía de salida.

Centralidad de intermediación (Betweenness Centrality). Esta medida toma en cuenta la circulación de la información en la red, pero solo depende de los vecinos inmediatos, dejando de lado los vecinos indirectos. Indica que tantos nodos dependen de uno en particular para que este transfiera la información. Los actores con centralidad de intermediación alta, que pueden llegar a cumplir funciones de *intermediarios* (*Broker*), son importantes porque pueden facilitar o bloquear el flujo de información entre subgrupos a modo de interfaces.

Centralidad de excentricidad (Eccentricity Centrality). Es la inversa de la máxima distancia geodésica entre un nodo y otro (excentricidad) cualquiera en la red. A mayor valor de excentricidad los actores son más *periféricos* a menor valor son más *centrales*.

Existen diferentes medidas que sirven para otros análisis en el ARS (Cordón García, 2013).

4.2.1 Interfaz del modelo para redes en Gephi. La interfaz de la plataforma *Gephi* que se utiliza para el análisis de redes en esta tesis se presenta en la Figura 29. La interfaz de *Gephi* permite a partir de datos en archivos .csv importar los datos del estudio empírico para formar la red para cada escenario en experimentación y obtener las medidas que se encuentran definidas en el lado derecho de la pantalla:

- *Grado medio*
- *Grado medio con pesos*
- *Diámetro de la red*
- *Densidad del grafo*
- *Modularidad*
- *Pagerank*
- *Componentes conexos*
- *Coficiente medio de clustering*
- *Centralidad de vector medio*
- *Longitud media de camino*

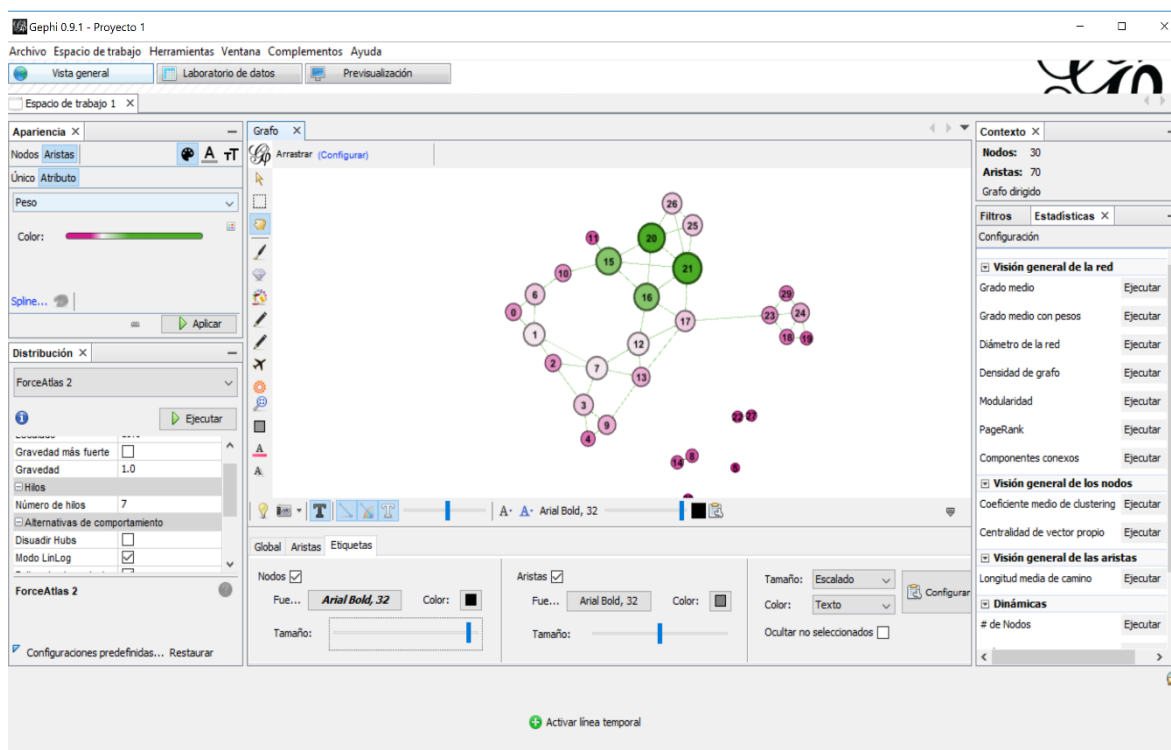


Figura 29 Plataforma Gephi

Fuente: <https://gephi.org/>

La *Apariencia* se puede ajustar a gusto. Mediante la pestaña de *Distribución* se utilizan diferentes alternativas que automáticamente conforman la visualización de la red para lograr una imagen apropiada a los fines de cada proyecto. Hasta aquí el ARS es estático.

Para otorgar dinámica a la red en Gephi se ha diseñado una plataforma para redes en NetLogo que se muestra en la Figura 30 y procesa los escenarios de manera similar a como se hace con el ABMS, pero permite exportar a Gephi la evolución de la red mediante el botón *exportar-red* enmarcado en un círculo de color rojo.

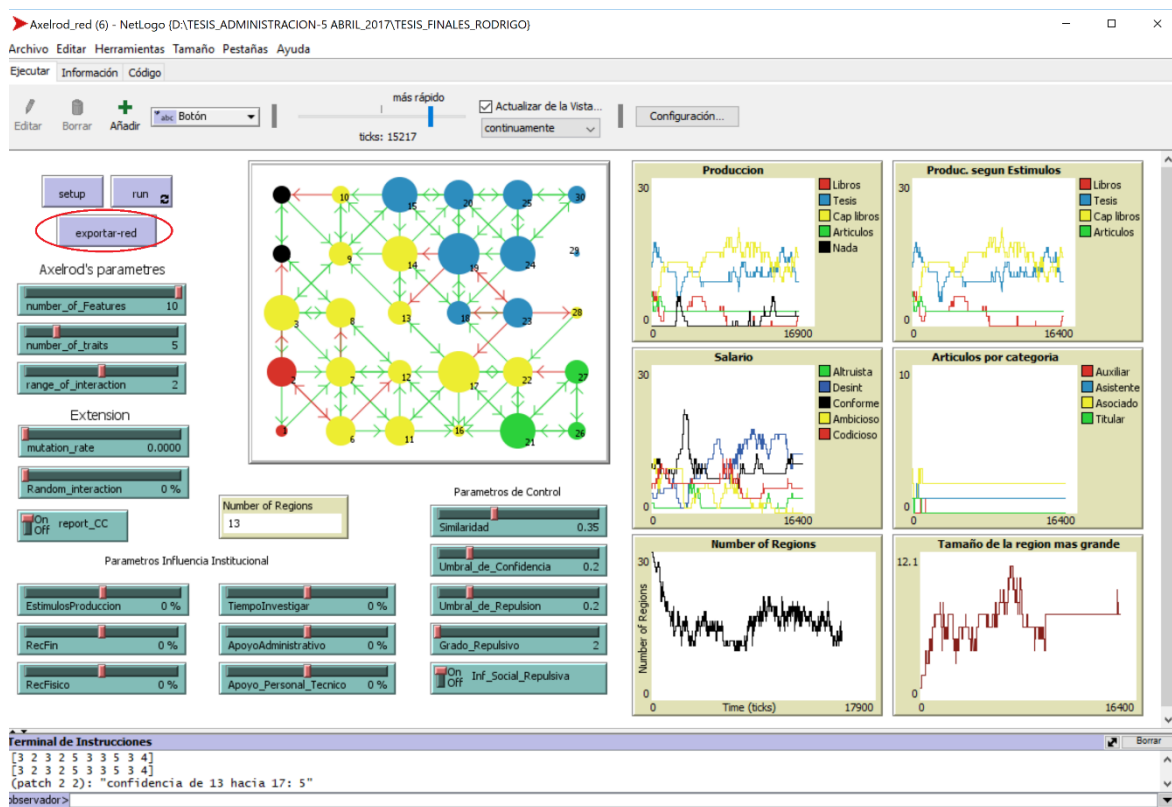


Figura 30 Plataforma Netlogo – Redes

Fuente: Realización propia con Netlogo

4.3 El ABMS en esta Investigación

El modelo en agentes utilizado en esta tesis permite la explicación de los resultados de los diferentes escenarios considerados en ella. El número N de agentes del sistema multivariable es de 30 agentes. Se trata de explicar que posiblemente sucede si algunas condiciones se modifican. En este modelo las investigaciones cuantitativa y cualitativa (entrevistas y encuestas) que se han utilizado a menudo en líneas separadas de investigación ahora se integran a través de la aplicación del modelamiento y simulación basado en agentes (ABMS). Para Sterman (1994) “*la simulación es la única vía práctica para probar esos modelos*” (Sterman, 1994, p. 321). La interacción entre los agentes y entre estos y el entorno instanciados en el ABMS es un proceso intuitivo basado en especificaciones de contextos sociales que se aplica informalmente por los científicos sociales.

Para esta investigación el ABMS es la solución afortunada si se tiene en cuenta que desde el ABMS los actores pueden ser representados directamente cómo se comportan e interactúan en la vida real con otros y con sus entornos más allá de una representación en términos de relaciones cuantitativas o constructos teóricos. Los agentes son representados como elementos con su propia personalidad, su conocimiento, sus puntos de vista, procesos de pensamiento y capacidades (Chattoe-Brown, 2014).

En esta sociedad artificial cada agente corresponde a la personalización de un profesor. Los agentes se representan por nueve características generales que se presentan en la Tabla 9. Estas características se han establecido como las variables de interés de la emergencia y evolución de la sociedad artificial construida y son el resultado del estudio cualitativo exploratorio realizado. La intensidad con que cada agente es afecto a cada una de las características se mide en una escala nominal de 1 a 5. Este valor se obtiene de los formularios de encuesta suministrados a los profesores. Para la toma de decisiones del agente computacional se acude a las lógicas no clásicas. Se utiliza la lógica modal, ya que el agente tiene varias opciones de selección. Se superan los principios de *no contradicción* y del *tercero excluido* de la lógica clásica o Aristotélica. Las opciones de decisión para el agente son:

1. *Acepta la influencia*
2. *Rechaza la influencia*
3. *La influencia repulsiva hace que el agente tome una decisión contraria a la influencia*

Por otra parte, las decisiones que toma el agente computacional investigador se fundamentan en la teoría del razonamiento práctico (Bratman, 1999) ya explicada en el texto de la tesis que conduce al modelo cognitivo BDI (*Belief, Desires & Intentions*). En este modelo las creencias (*Belief*) o características son el equivalente de los supuestos básicos en el modelo teórico de Schein (1985).

Las interacciones son no lineales si se tiene en cuenta que la influencia de un agente sobre otro depende del valor de cada característica para un instante del tiempo y esta es una escala nominal. También son de influencia mutua ya que el programa coloca a influenciar cada agente con todos los demás. Estos lazos de realimentación pueden ser positivos, nulos o negativos dependiendo de la situación relativa de la cultura de investigación entre las parejas de agentes que se van evaluando y las condiciones de operación en cada escenario. Además, el sistema es multivariable ya que se evalúan diez características para todos los agentes.

La anterior argumentación garantiza que la sociedad artificial implementada emerge y evoluciona bajo los principios de los sistemas complejos adaptativos por lo que se puede visualizar la emergencia, la evolución y la autoorganización (adaptación) de la cultura de investigación en la Escuela. El enfoque de análisis de redes permitiría eventualmente explorar también la emergencia y evolución del liderazgo en la organización.

El modelo genera los patrones de productividad intelectual (resultados de investigación), las zonas

o clústeres culturales diferentes, las tendencias hacia el asunto monetario de los agentes, ente otras posibilidades, como un resultado bottom-up emergente de las interacciones de los agentes (profesores) con el medio universitario asociado a la investigación y sus normativas. Los escenarios se pueden modificar para observar y explicar los diferentes patrones resultantes.

4.3.1 La interfaz del modelo de simulación ABMS en Netlogo. Una vez realizados los pasos del proceso de construcción e integrando las funciones y algoritmos necesarios para obtener un comportamiento que permita generar la emergencia y evolución en la sociedad artificial se consigue la interfaz del modelo computacional que se expone en la Figura 31.

Operando sobre esta interfaz el modelo permite:

- *Ajustar el número de características y el número de rasgos de los agentes.*
- *Modificar el valor de la similaridad cultural para permitir o inhibir las interacciones.*
- *Modificar el valor del umbral de confianza que permite o impedir la influencia.*
- *Modificar el umbral de repulsión que permite acentuar o atenuar la condición de influencia negativa.*
- *Producir cambios en porcentuales del salario actual para explorar sus consecuencias en la productividad de investigación.*
- *Igual posibilidad para cambios en el recurso físico, recurso financiero, horas asignadas a investigación, apoyo administrativo y apoyo técnico.*
- *Activar/desactivar la influencia social repulsiva*
- *Generar datos aleatorios si se considera necesario.*

La interfaz contiene los siguientes grupos de comandos:

Parámetros de Axelrod

Número de Características	Rango de Mutación
Numero de Rasgos	Interacción Aleatoria
Rango de Interacción	

Extensiones al modelo de Axelrod

Razón de Mutación	Interacción Aleatoria
-------------------	-----------------------

Parámetros de Influencia Institucional

Estímulos para la Producción	Apoyo Administrativo
Recurso Físico/Financiero	

Parámetros de Control

Similaridad	Umbral de Repulsión
Umbral de confianza	



Figura 31 La Interfaz Netlogo-Cultura Organizacional

Fuente: Realización propia con Netlogo

4.4 Experimentos de Simulación: Resultados, Interpretación y Explicaciones

Los modelos computacionales pueden realizarse a través de ingenieros de sistemas especializados en programación dirigida a objetos o programación dirigida a agentes en cuyo caso la velocidad de ejecución puede ser más alta si se compara con las plataformas de código abierto. Los costos económicos en el primer caso serán mucho más altos que cuando se utilizan plataformas de uso libre.

En esta tesis se ha empleado únicamente software de código abierto en razón principalmente a las buenas prestaciones de las plataformas mencionadas y en un segundo plano a las limitaciones de recursos financieros experimentadas. El programa GEPHI se ha utilizado para la visualización y análisis de redes sociales (ARS) y el paquete computacional Netlogo se empleó para las simulaciones con el sistema multiagente.

Para los modelos de esta tesis se asumen los datos suministrados por 30 agentes indexados por i, j . Cada agente es representado por un vector de 9 características o atributos (Tabla 9) que toman 1 de 5 valores posibles y una característica que expresa la preferencia de producción intelectual de cada individuo. Se exponen en su orden las redes de interacción y enseguida las simulaciones con el sistema multiagente. A continuación, se presentan algunas aplicaciones del análisis de redes sociales ARS al sistema multiagente bajo estudio.

4.4.1 Los experimentos con sociomatrices y redes. En la Figura 32 se muestra la *red de contactos no dirigida* de la sociedad artificial que representa la comunidad bajo estudio. Tiene 30 nodos que corresponden a los agentes y 91 aristas que indican el número de canales de interacción entre estos actores. La densidad del grafo es 0.105 lo que indica que de las trayectorias de interacción posibles solo el 10% aproximadamente se utilizan.

Tomando los datos recogidos de la encuesta se elabora una *sociomatrix de distancias* (euclídea) que corresponde a un arreglo cuadrado ponderado asimétrico (matriz de modo 1)⁸². Esta sociomatrix da origen a la Figura 32 que permite determinar el número de comunidades (clústeres) de la sociedad artificial. En este caso luego de diversas corridas de simulación computarizada se encuentran cuatro comunidades o regiones diferenciadas en sus creencias o supuestos subyacentes respecto al proceso de investigación.

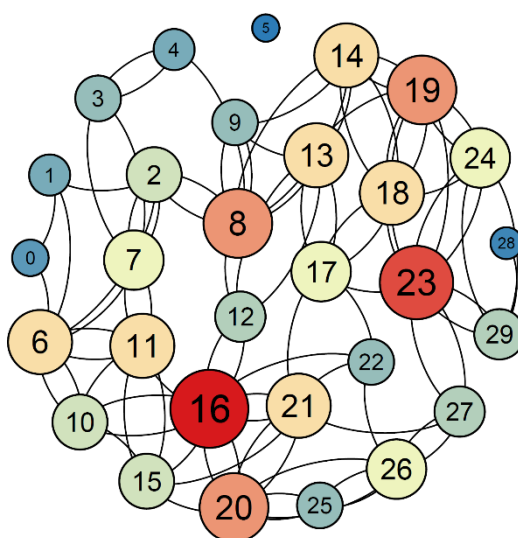


Figura 32 Red No Dirigida

Fuente: Realización propia con Gephi

Las regiones se han coloreado para facilitar su identificación. Estas comunidades⁸³ corresponden a diferentes subculturas desde el punto de vista de esta investigación. El *coeficiente medio de clustering* (agrupamiento medio global) para esta sociedad es 0.29 indicando una tendencia de agrupación de los actores relativamente suave en el contexto de la red y una distancia media moderada entre los nodos que permite las interacciones con los miembros de las diferentes comunidades. El *coeficiente de modularidad* tiene valor de 0.509 indicando que existen conexiones relativamente sólidas dentro de los subgrupos, pero también enlaces débiles y en menor

⁸² Son las matrices que tienen la misma serie de individuos en las filas y columnas.

⁸³ Clústeres, módulos, agrupamientos, grupos, comunidades y subgrupos significan los conglomerados que se forman en las sociedades humanas y que pueden detectados mediante el ARS en las redes.

número entre actores de los diferentes módulos, lo que puede verificarse fácilmente observando la Figura 33.

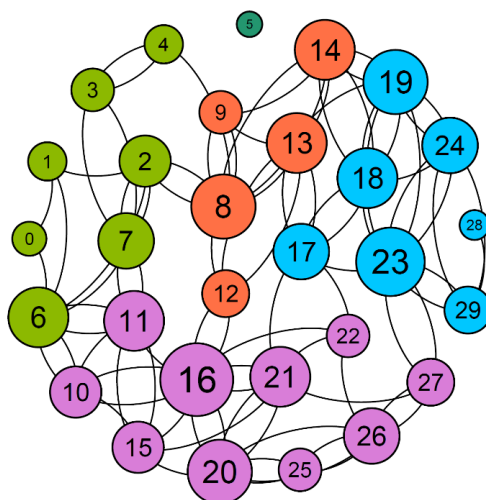


Figura 33 Comunidades Diferenciadas en la Sociedad Artificial

Fuente: Realización propia con Gephi

Definiendo un umbral para determinar la existencia o no de contacto entre dos participantes, a partir de la sociomatrix de distancias se implementa una *sociomatrix de interacciones* cuadrada simétrica binaria (matriz de modo 1). De esta sociomatrix se genera la *red dirigida de contactos* de la Figura 34.

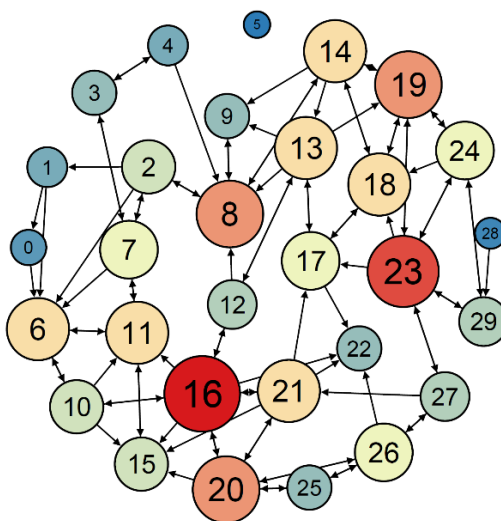


Figura 34 Red Dirigida de Contactos

Fuente: Realización propia con Gephi

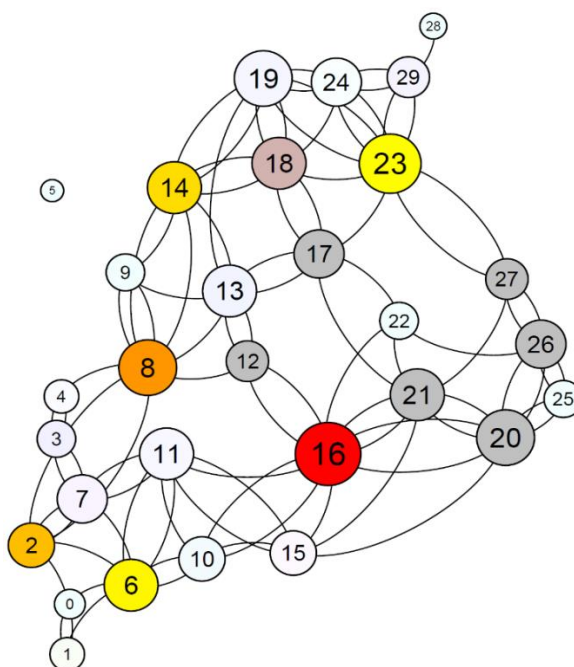
Esta red indica los lazos entre las parejas de actores, la posibilidad de influencia mutua entre ellos y los impactos de cada una de estas influencias (ponderación) cuyos valores en orden descendente para los diez actores más importantes se presenta en la Tabla 11.

Tabla 11 Grado con Pesos

NODO	16	23	8	19	20	6	11	13	14	21
Entrada	4	4	6	5	4	6	5	3	3	3
Salida	7	6	3	4	5	2	3	5	5	5
Links	11	10	9	9	9	8	8	8	8	8

Fuente: Elaboración Propia

La centralidad de intermediación o *betweenness*, que representa el número de caminos mínimos que utilizan a un nodo como intermediario, se ha establecido para la red de la sociedad artificial bajo investigación en la Figura 35.

**Figura 35 La Red de Centralidad de Intermediación (Betweenness Centrality)**

Fuente: Realización propia con Gephi

Los diez valores más importantes de intermediación se registran en orden descendente en la Tabla 12. Se destacan los nodos⁸⁴ 16, 8, 2, 14, 7, 23 que figuran con una buena centralidad de grado. Es relevante apreciar que el nodo 16 pertenece al grupo fucsia, los nodos 8 y 14 al grupo naranja, los nodos 2 y 7 al grupo verde, el 23 al grupo azul. Lo que se interpreta como que en cada grupo existe al menos un actor que tiene poder para agilizar o bloquear el flujo de información de los demás y se perfila como el líder de cada subgrupo.

Muy importante es verificar que el actor 16 con centralidad de grado de entrada medio (4), con la mayor centralidad de grado de salida (7), la mayor centralidad de grado total (11) y el mayor valor de *betweenness* (184.6) se proyecta como medianamente *prominente*, decididamente

⁸⁴ Nodo, actor o vértice tienen idéntico significado en esta investigación.

influyente y el más importante *intermediario*. En realidad, se le puede atribuir el rol de *líder principal* de toda la sociedad artificial.

Tabla 12 Niveles de Intermediación (Betweenness)

NODO	16	8	2	14	7	23	6	10	11	19
INTER.	184.6	177.4	138.0	129.4	116.8	113.1	109.9	100.9	94.7	93.3

Fuente: Elaboración Propia

De la misma manera que se ha venido haciendo, a partir de los datos de la sociomatriz de influencias (matriz de tipo 1) se generan las redes de influencia positiva (homofilia) e influencia repulsiva.

4.4.1.1 La red de homofilia. Una mirada rápida a esta configuración en la Figura 36 permite percibir el nodo 16 con el mayor número de links (enlaces o aristas) con respecto a los demás agentes. Sobresalen también los nodos 8, 19 y 20 en un segundo lugar en número de conexiones. El actor 16 ya había sido perfilado como el líder principal de la sociedad artificial bajo estudio.

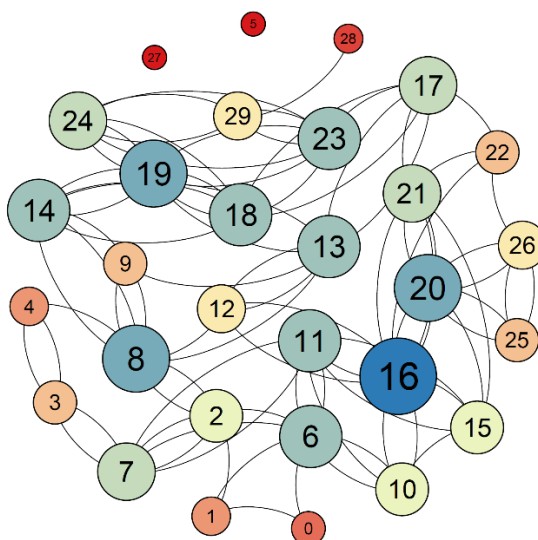


Figura 36 La Red de Homofilia

Fuente: Realización propia con Gephi

Desde el punto de vista organizacional esto puede interpretarse como que estas son las personas que en un momento dado manejan un cierto poder sobre el grupo, independientemente de si ocupan cargos de dirección o no. Determinando quienes son los individuos en la vida real (no se realizará aquí por las condiciones de ética y respeto a los compromisos de anonimato asumidos, propios de este tipo de investigaciones) podría interpretarse como el liderazgo de la organización informal.

Se observan 3 nodos débilmente conectados (5, 27 y 28), lo que indica actores con bajo nivel de interacción e influencia positiva con el resto de los integrantes de la sociedad. Estos actores no tienen credibilidad por parte de sus compañeros y más bien se detectan como individuos relativamente aislados.

Entonces, la dirección organizacional puede tomar decisiones bien sea “*neutralizando*” a estos agentes que resultan molestos para el ejercicio del poder jerárquico formalmente establecido, la que seguramente sería la decisión seleccionada por un *administrador racional típico* (Yolles, 2006). O más bien aprovechando la situación destellante de “*liderazgo en la sombra*”, que en muchas ocasiones posee más poder que en la estructura formal (Plsek, 2003), lo que puede ser el caso entre profesionales autónomos como la educación universitaria y en sentido contrario, lograr el involucramiento en un ambiente de sinceridad y transparencia de estas personas en la estructuración de las políticas y estrategias de la organización. Esta sería la selección de un *administrador complejo*.

4.4.1.2 La red de influencia repulsiva. Para esta red al igual que en caso anterior un análisis de principio de la red destaca al actor 21 como el individuo con la mayor capacidad de *liderazgo negativo* seguido del agente 20 que se había destacado por tener buena predominancia e influencia lo que sugiere que posiblemente tiene un comportamiento ambiguo dependiendo de sus intereses mediáticos. Le sigue los actores 15 que no tiene peso ni nivel de intermediación notables y el 16 que puede poseer en menor medida las características del agente 20 como se aprecia en la Figura 37.

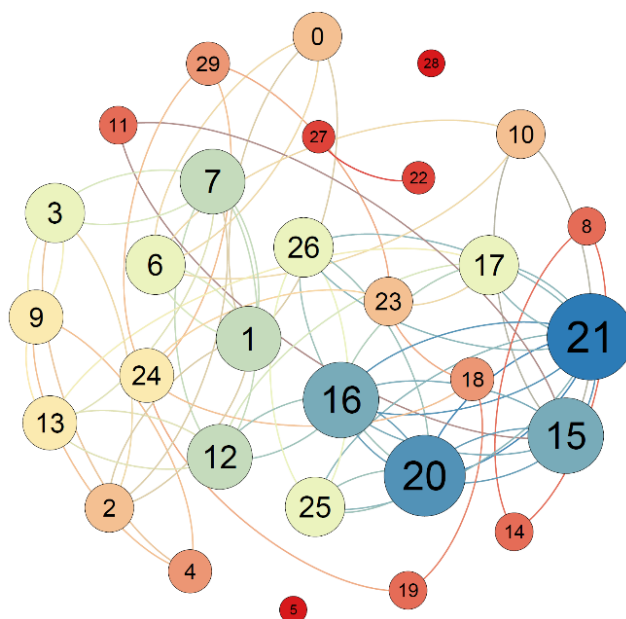


Figura 37 La Red de Influencia Repulsiva

Fuente: Realización propia con Gephi

Sin embargo, este tipo de personas pueden tener problemas de índole emocional o cualquier otro tipo de frustraciones. Un examen de los pormenores que han llevado al individuo a esa situación como, por ejemplo, estar ubicado en un puesto de dirección que no desempeñe de la mejor manera sería una tarea del administrador de complejidad en la idea desafiante de convertir a los díscolos y ganar talentos para su empresa.

Estos agentes pueden calificarse como *disociadores* y no dignos de mucha confianza, con semblanza más bien de *liderazgo negativo*. La posible solución a esta situación podría ser nuevamente su *neutralización* inmediata justificada por el daño que causan a la armonía y convivencia organizacional y el desgaste operacional que suponen, desde el punto de vista de un *administrador racional típico*.

4.4.2 Los experimentos y resultados obtenidos con el ABMS. El escenario estándar es el escenario clásico de Axelrod. No hay restricción a las interacciones a menos que dos individuos sean totalmente semejantes, como se aprecia en la Figura 38. La cultura es convergente. Se alcanza una *monocultura* con el transcurrir del tiempo, como era de esperar. El patrón de producción intelectual presenta múltiples variaciones durante el proceso, pero se inclina decididamente por los artículos a partir del tick 2040. Los agentes se vuelven ambiciosos, pero los que originalmente eran codiciosos se vuelven un poco moderados en cuanto a sus aspiraciones en metálico.

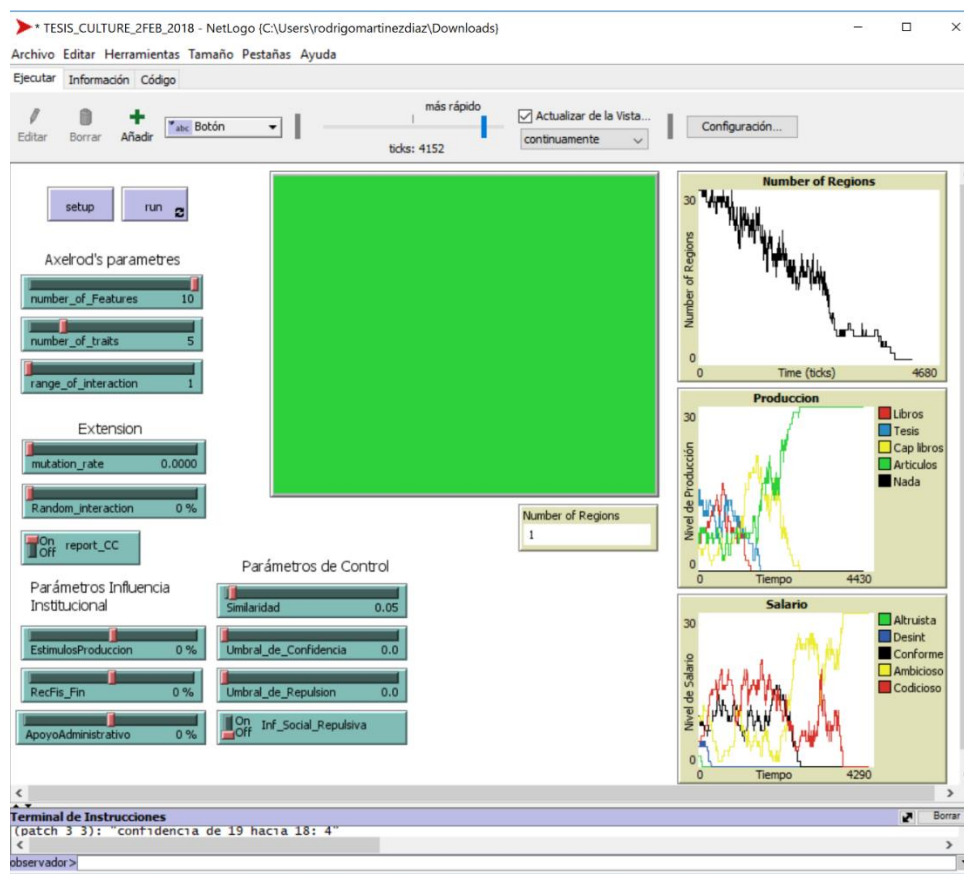


Figura 38 Cultura de Investigación _Escenario Axelrod

Fuente: Realización propia con Netlogo

Exigencias en la condición de similaridad. Se han condicionado las interacciones a un nivel de similaridad mínimo del 40 %, *ceteris paribus*, Figura 39.

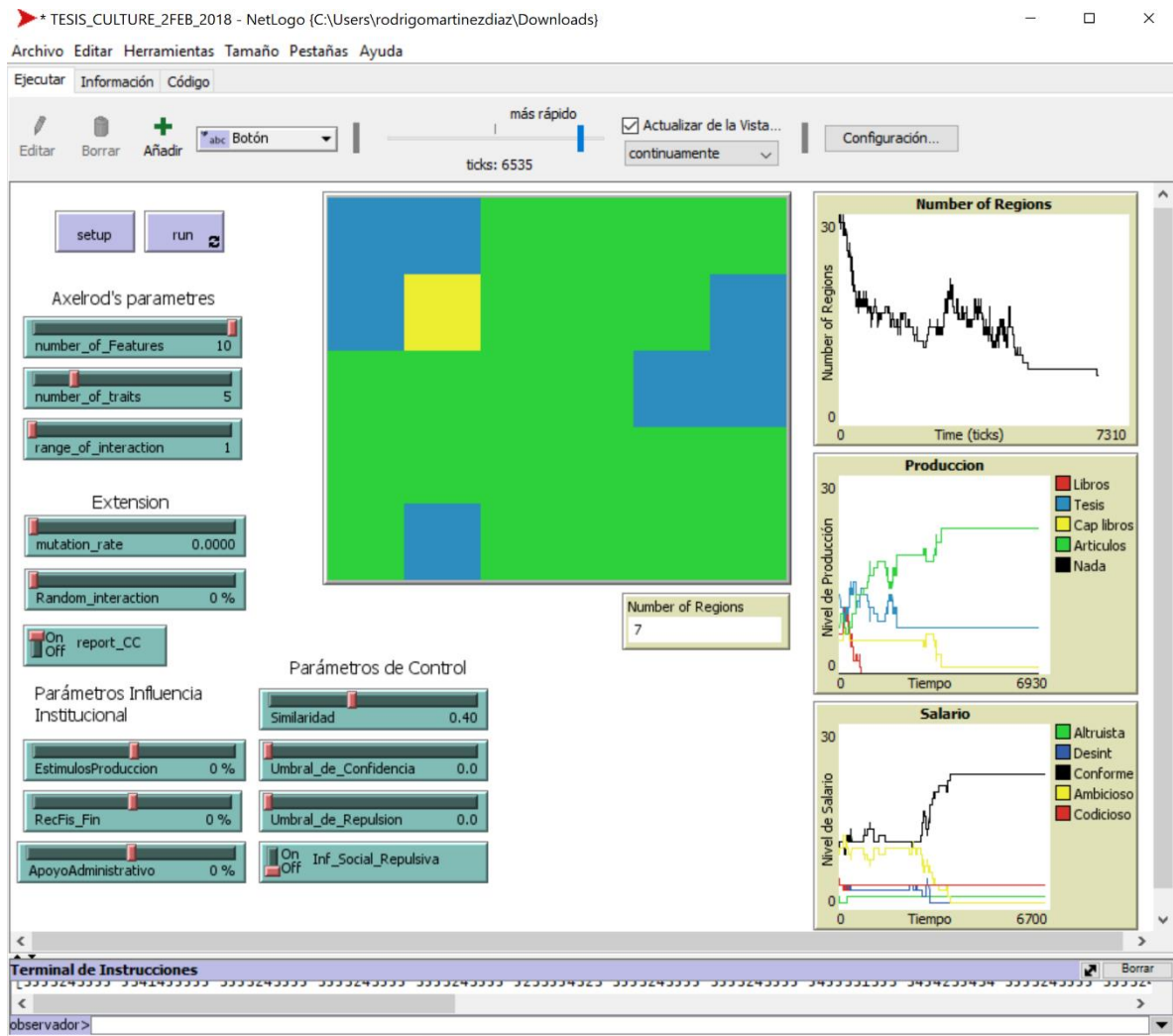


Figura 39 Cultura de Investigación _Escenario Limitación de Similaridad

Fuente: Realización propia con Netlogo

El ajuste en similaridad bloqueó algunos contactos. El comportamiento resulta contraintuitivo ya que a pesar de un bajo parámetro de similaridad no se converge a un consenso total y se observa una diversidad cultural con 7 clústeres diferenciados. Sigue dominando la preferencia por la publicación de artículos. Los agentes declinan sus aspiraciones monetarias y ahora son más bien moderados, los ambiciosos han casi desaparecido y se observa un repunte mínimo en los altruistas. Aún subsisten 4 codiciosos.

El Umbral de confianza. Se impide la influencia para interacciones con opinión de confianza menores a 0.40, *ceteris paribus*, Figura 40.

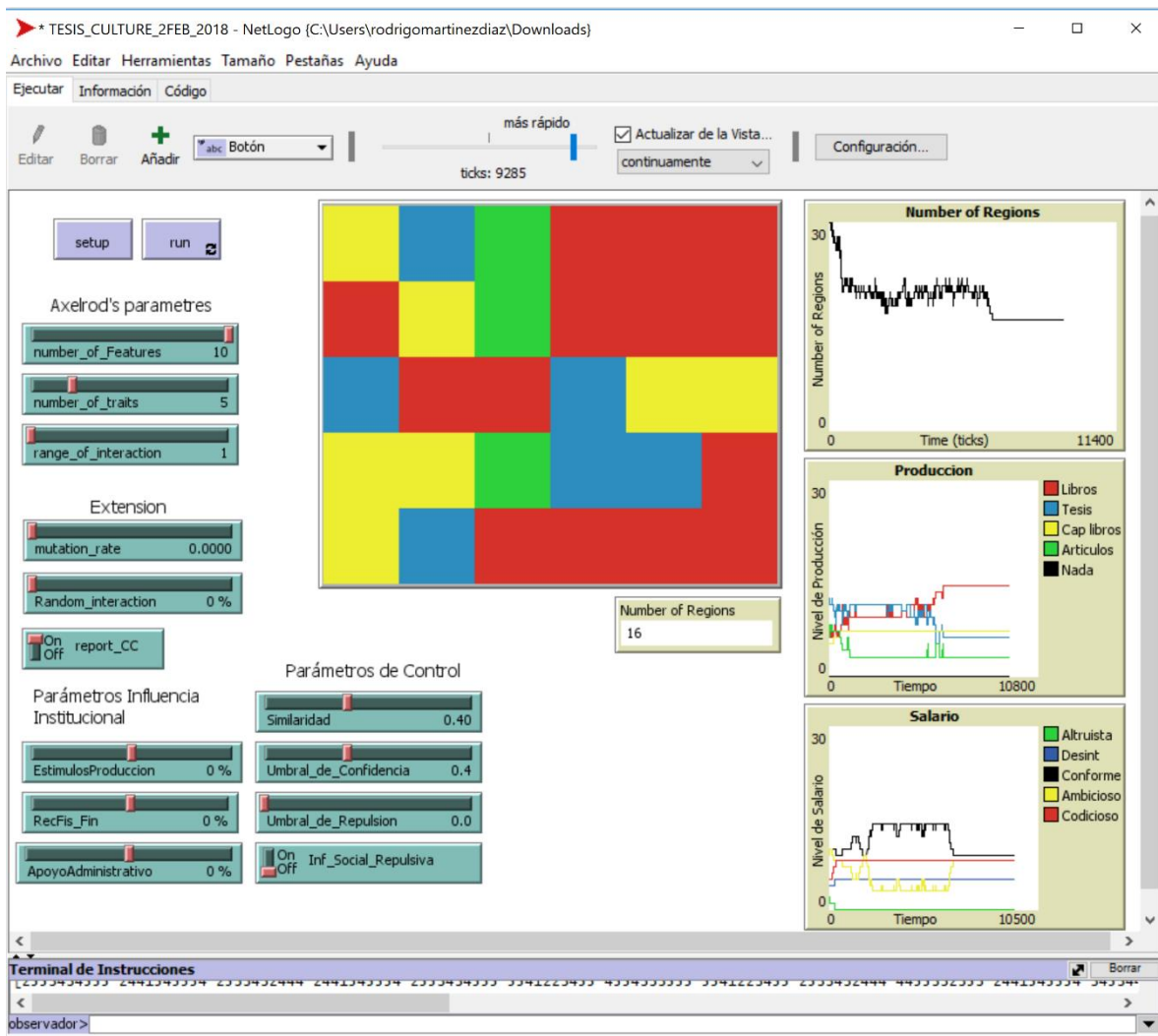


Figura 40 Cultura de Investigación _Escenario con Umbral de Confidencia

Fuente: Realización propia con Netlogo

Se percibe que el *nivel de credibilidad* entre los agentes está por debajo del 40 % ya que ahora se segregan en 16 clústeres. La indecisión es notable ya que las variaciones son la constante. El tiempo de estabilización del sistema se ha incrementado en un 100 %. La tendencia está dirigida a la publicación de libros. Los ambiciosos y los codiciosos ganan terreno a expensas de los desinteresados y los conformes, esto puede interpretarse como una indicación de que *la interacción social* es importante para mejorar las pretensiones monetarias exageradas de los agentes.

La Influencia repulsiva. Se relajan las condiciones de similaridad y confianza. El umbral de repulsión se ha fijado en 0.1, Figura 41.

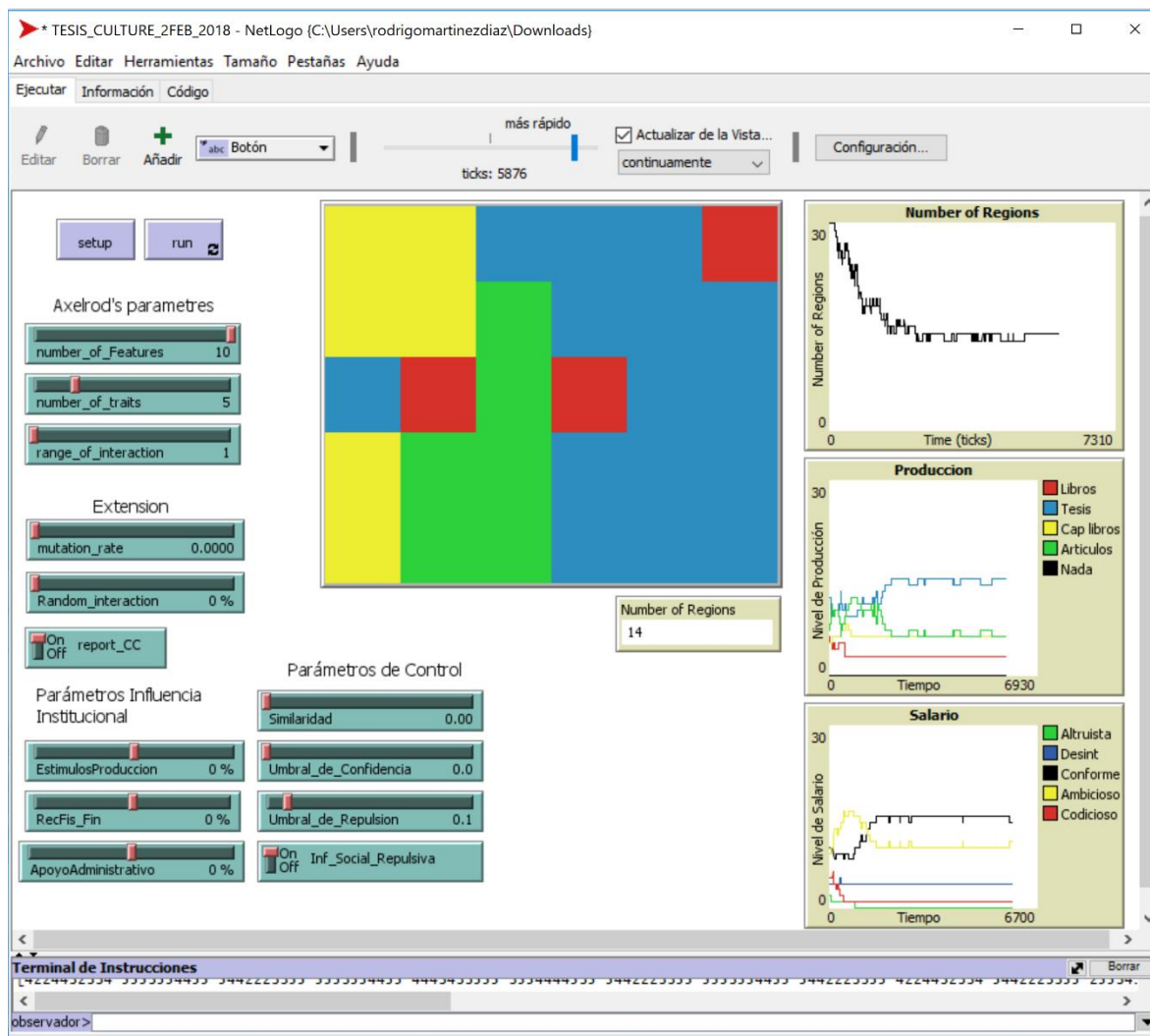


Figura 41 Cultura de Investigación _Escenario con Umbral de Repulsión

Fuente: Realización propia con Netlogo

La posibilidad de agentes con influencia repulsiva tiene un fuerte impacto sobre conglomerado. Se definen 14 regiones culturales, indicando un proceso de fragmentación cultural. Se cambia a producir tesis porque seguramente son dirigidas independientemente por cada profesor sin la necesidad del concurso de otros. La producción de artículos cae drásticamente debido a la desconfianza reinante que deteriora el trabajo en equipo y los agentes buscan su nicho de confort. Los conformes entran a liderar el asunto monetario y los codiciosos son una especie que se extingue.

El efecto del rango de interacción. Se sitúa en 2, *ceteris paribus*, Figura 42.

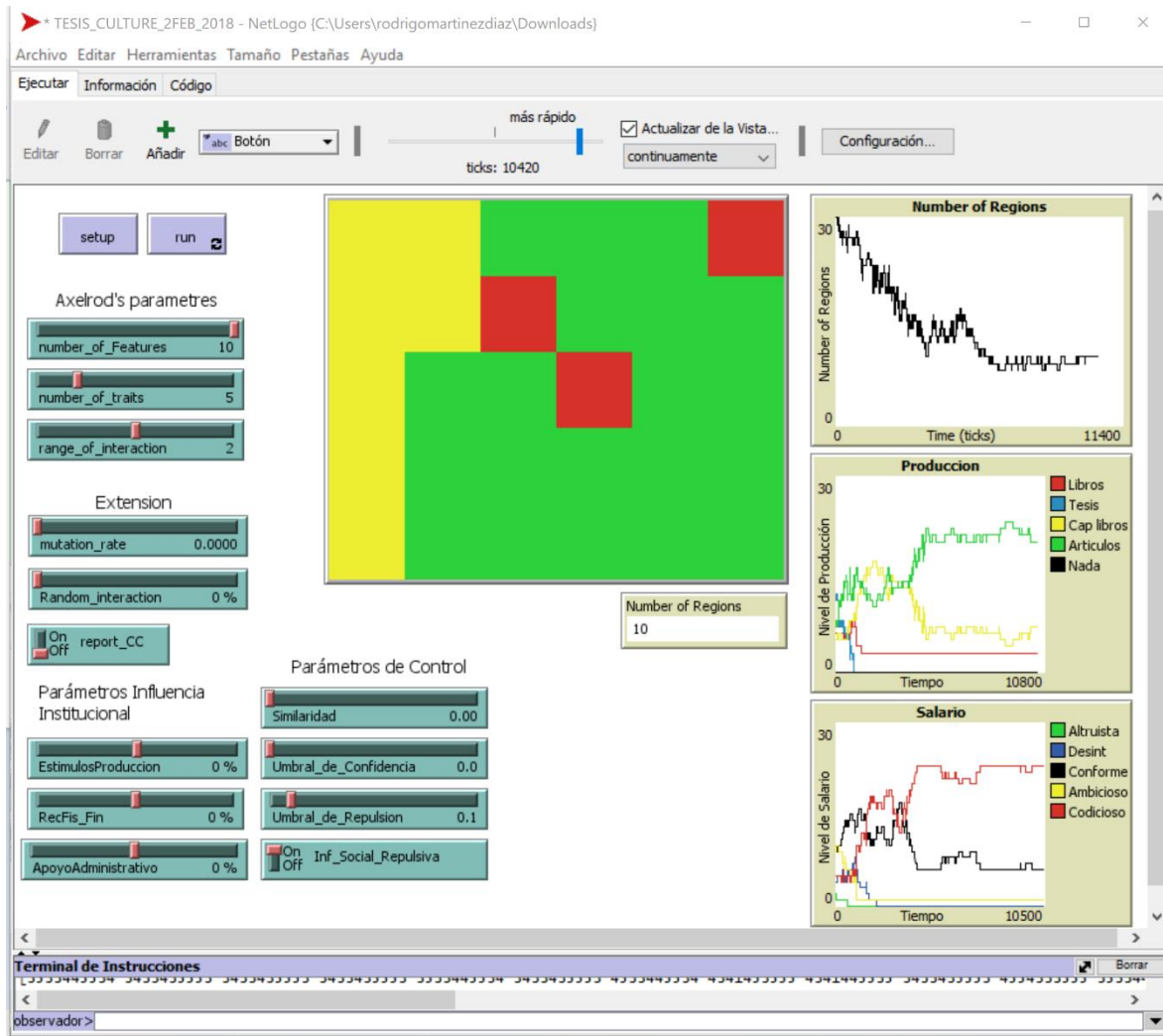


Figura 42 Cultura de Investigación _Escenario con Incremento en el Rango de Interacción

Fuente: Realización propia con Netlogo

El incremento a 2 en el rango de visión de cada agente atenúa el efecto de la repulsión negativa seguramente porque el agente ahora tiene más vecinos con quien dialogar evitando a los disociadores. Se mantiene la diversidad cultural en 10 clústeres en razón a que aún están actuando los negativos. Los agentes retoman su inclinación inicial hacia la producción de artículos pues ahora hay más personas con quienes está permitido dialogar y conformar equipos de trabajo. Los codiciosos vuelven a reinar en detrimento de los conformes.

Incremento del rango de interacción. Se ha ajustado a 3, *ceteris paribus*, Figura 43.

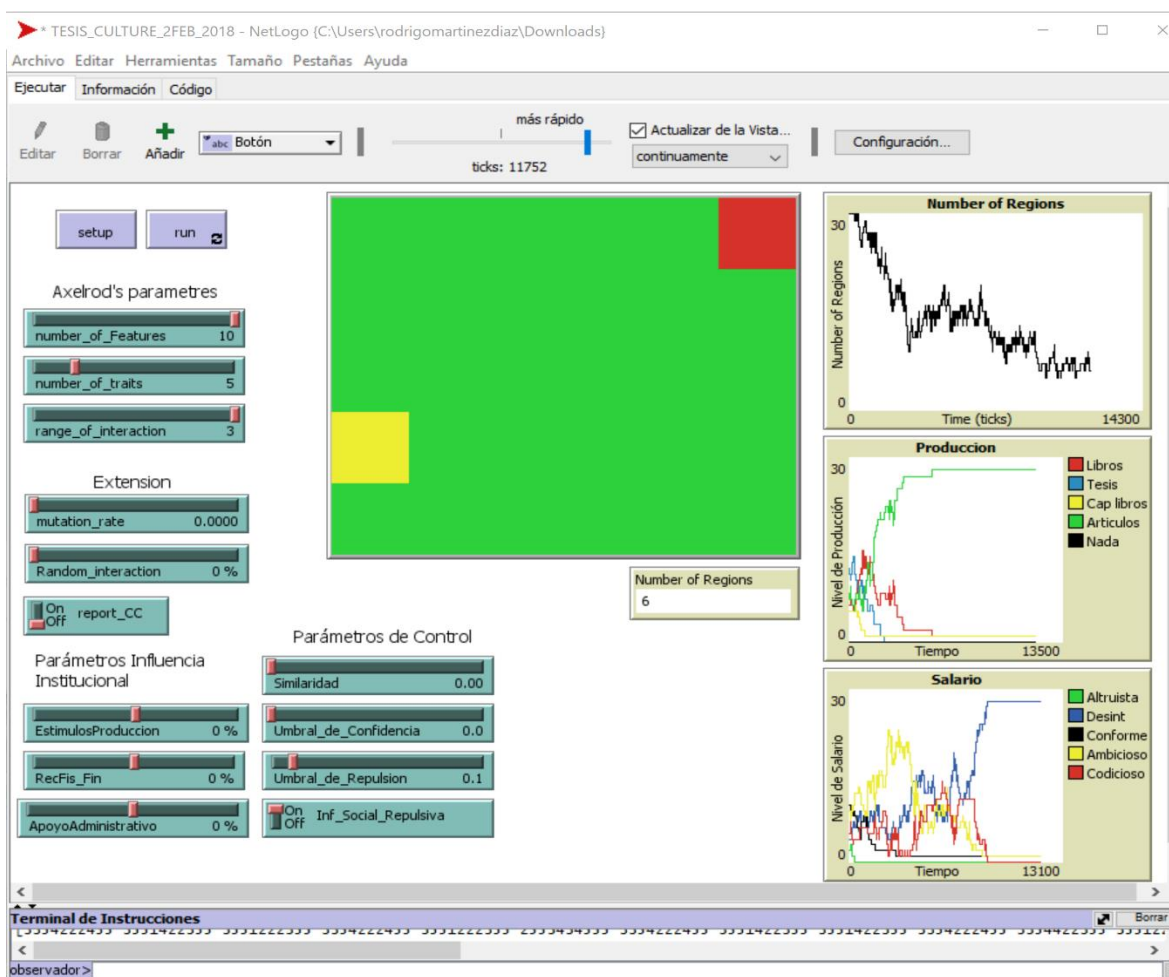


Figura 43 Cultura de Investigación _Escenario con 2 Incrementos en el Rango de Interacción

Fuente: Realización propia con Netlogo

El nuevo incremento a 3 del rango de interacción promueve la integración cultural a pesar de la presencia de los disociadores. Ahora solo existen 6 clústeres. La concusión es idéntica al caso anterior. La producción de artículos toma la delantera tempranamente apoyando el supuesto de la vocación del grupo hacia la producción de artículos. Esto se puede atribuir al rango de interacción aumentado que posibilita la formación de más equipos de trabajo dedicados a la producción de preferencia grupal detectada. Los diálogos conducen a los agentes a valorar más su producción intelectual que el dinero, indicando una cultura de grupo *desinteresada*. Los codiciosos desaparecen rápidamente en esta sociedad al igual que los altruistas, que nunca fueron mayoría, ni antes ni después. Igual suerte corren los ambiciosos.

El impacto de la interacción aleatoria entre disímiles. Se ha ajustado a 0.50, *ceteris paribus*, Figura 44.

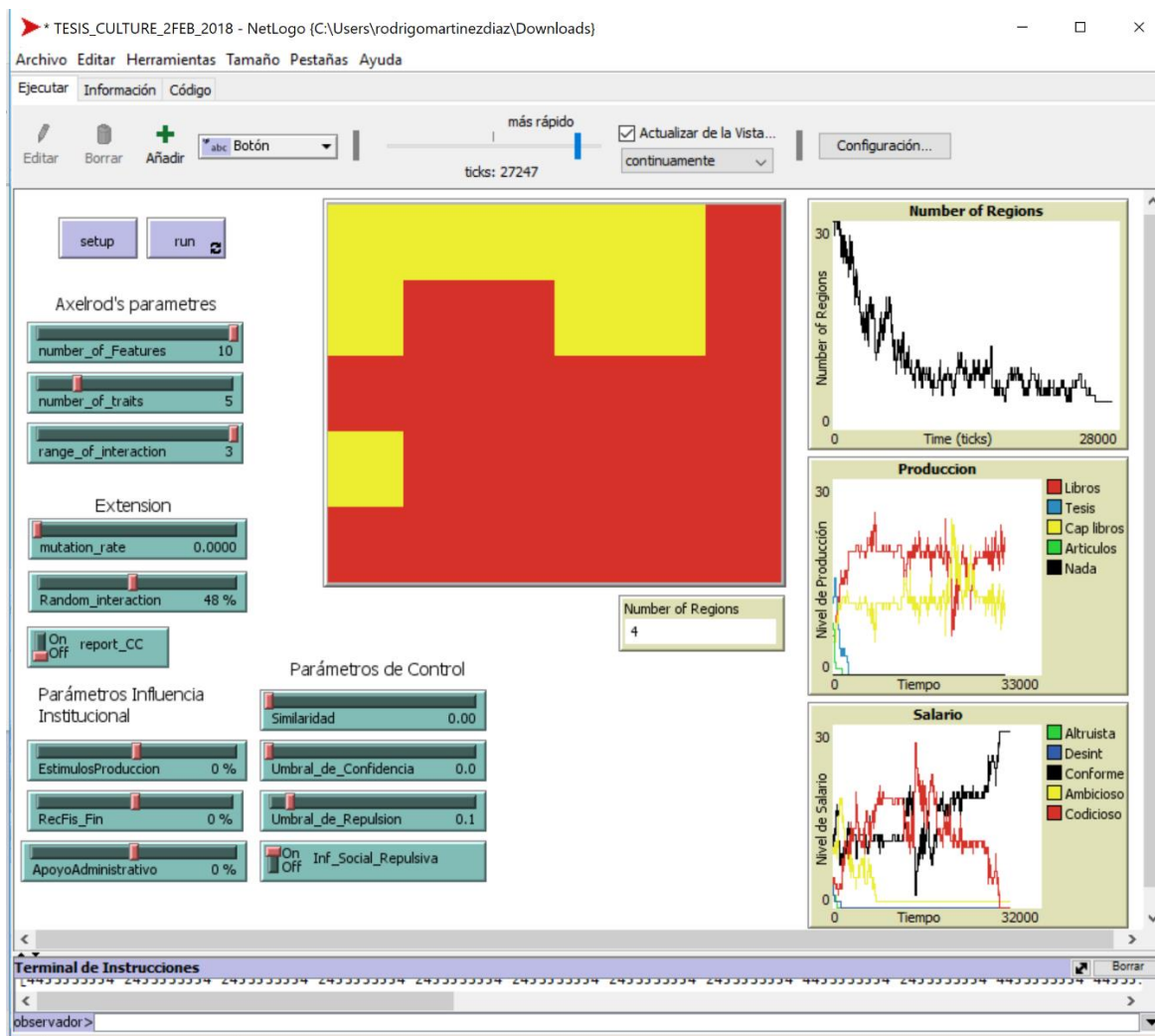


Figura 44 Cultura de Investigación _Escenario con Interacción Aleatoria

Fuente: Realización propia con Netlogo

A pesar de que dos individuos sean totalmente disímiles, las situaciones reales pueden llevarlos a interactuar por diferentes motivos. Desde el punto de vista del sentido común se da por sentado que no ocurrirá ninguna influencia. Pero la situación *contraintuitiva* se da y se producen cambios en las creencias de estas parejas inicialmente con sutil aroma de antagonismo. Puede apreciarse claramente que el proceso es más tedioso, con muchos altibajos y variaciones y un tiempo de establecimiento mucho más alto que en los escenarios anteriores, pero tiene sentidos efectos. En el asunto monetario se perfila como líder el grupo de los conformes.

Conclusiones sobre la ejecución de los escenarios para los modelos en red y en el sistema multiagente

Se ha construido un laboratorio apropiado para el ejercicio de administración experimental de la cultura organizacional orientada a la investigación en una Escuela de la universidad pública. Se han realizado múltiples corridas de simulación de diversos escenarios modificando los parámetros de las variables de interés y seleccionando los que resultan interesantes para los objetivos de esta investigación tanto en la evolución de las redes como en el modelo multiagente.

Los modelos elaborados permiten pueden realizar múltiples experimentos y pueden modificarse de diferentes maneras, bien sea incluyendo nuevas variables o conceptos, dependiendo de los propósitos de investigación. Ahora se puede experimentar con *mundos posibles* o *hasta imposibles*. El espacio de posibilidades es amplio y se puede continuar explorando sin inconvenientes.

NOTA: Algunos escenarios referentes a esta investigación y sus correspondientes simulaciones y explicaciones tanto en la parte de redes como en la del sistema multiagente no se incluyen por cuestión de espacio y pragmatidad. En este trabajo los escenarios se simularon hasta unos 40.000 periodos (ticks) y 10 corridas en la búsqueda de valores críticos para los parámetros de las variables ajustadas que pudiesen suscitar transiciones de fase o situaciones contraintuitivas.

Por cuestión de espacio el código de los programas para Gephi y Netlogo no se incluyen en el texto. Están disponibles para las personas interesadas escribiendo al correo del autor: rodrigomartinezdiaz@gmail.com

Capítulo 5. Teorizaciones Emergentes

A lo largo de esta investigación se han visualizado diferentes síntesis teóricas como resultado del estudio de la literatura sobre cultura organizacional, los diferentes temas sobre complejidad y la aplicación del análisis de redes (ARS) y el modelamiento y simulación basado en agentes (ABMS) los. La realización de esta tesis permitió sustentar teóricamente y en algunos casos demostrar empíricamente la superación de algunas brechas presentes en el tratamiento de las organizaciones humanas. Algunas de estas recapitulaciones se presentan sucintamente a continuación.

El Hombre en las Organizaciones. Esta tesis se adhiere a la idea de que uno de los orígenes de los problemas de la administración actual corresponde al desconocimiento de la característica compleja del hombre como ser humano que tiene sentimientos y emociones, que no puede tratarse como una máquina tratando de lograr el máximo beneficio y la mayor efectividad posible en el desempeño empresarial. En la administración tradicional los aspectos humanos han sido relegados a un segundo plano (Chanlat, 2002). El enfoque del *hombre lineal* y *homo economicus* no es aceptable para el management de nuestros días. Este concepto ha sido sostenido en esta investigación desde la perspectiva teórica. La propuesta resultante de esta tesis consiste en proponer la utilización de ciencias de frontera, como las ciencias de la complejidad, y la aplicación sus dispositivos en busca de recuperar la visión del ser humano desposeído de su condición como tal y degradado a la *máquina humana*. El modelamiento y simulación de grupos humanos que se propone permite la interpretación del ser humano en las organizaciones sin despojarlo de sus características esenciales.

La Conexión Micro-Macro en los Fenómenos Sociales. Otro aporte se refiere a la teoría de que los estudios de los fenómenos sociales, como la cultura organizacional, soportados en las metodologías clásicas adolecen de un significativo vacío (Zheng et al., 2009) y no pueden superar la desconexión entre el micro (Hatch, 1993) y el macro nivel cultural (Schein, 2004b; Weeks & Galunic, 2003). Tal desconexión es evidente y queda demostrado que los métodos clásicos no alcanzan a explicar este vínculo en razón a su concepción lineal y certera del mundo y de los fenómenos sociales humanos. También se comprueba que las ciencias de la complejidad y las metodologías del modelamiento y simulación basado en agentes y el análisis de redes sociales son elementos más apropiados y coherentes para visualizar y explicar la dinámica de los fenómenos que acontecen en los entornos organizacionales.

El modelado basado en agentes tiene como característica clave la vinculación explícita de los niveles de análisis del problema micro-macro (Bruch & Atwell, 2015) que busca explicar claramente las maneras en que las acciones individuales producen las dinámicas que llevan a la organización social dejando de lado el supuesto de que los fenómenos colectivos del nivel macro son simples agregados del comportamiento y las características individuales (Granovetter, 1978). La realidad es que el comportamiento humano en todas sus expresiones es interdependiente; las acciones individuales son contingentes en todos los tiempos. Esta interdependencia

comportamental indica realimentaciones mutuas no necesariamente lineales entre el micro y el macro-nivel, lo que hace inapropiados a los modelos estadísticos estándar para el estudio micro-macro ya que generalmente asumen independencia de las observaciones y causalidad direccional (Bruch & Atwell, 2015).

Los resultados empíricos para el modelamiento en agentes en el caso de la cultura organizacional orientada a la investigación en una Escuela de la universidad pública que se realizó en esta tesis demuestran la validez de los argumentos anteriores cuando surge, por ejemplo, la organización informal o el liderazgo en la sombra.

La Incertidumbre Organizacional. Sobre la incertidumbre organizacional que impide la predicción basada en pronósticos y planeamientos se argumentó que corresponde a deseos, ilusiones, ficciones y ligerezas manageriales que no son válidas en el mundo globalizado de hoy con cambios acelerados, una naturaleza turbulenta e incertidumbre creciente que a menudo producen comportamientos contraintuitivos⁸⁵ (Forrester, 1971; McCabe, 2014).

Pues bien, es claro que las personas no responden predeciblemente a los esfuerzos que se hacen desde las directivas para cambiar sus orientaciones, sino que actúan en razón a sus valores y creencias (supuestos subyacentes) y deseos individuales que no son fijos ni predecibles, más bien son dinámicos y evolutivos, y son influenciados principalmente por las interacciones con los demás miembros de su entorno y por las interrelaciones con el medio. Para esta investigación teóricamente los fenómenos sociales son emergentes y no lineales cuyos resultados no pueden predecirse y por tanto son de incertidumbre extrema (Lincoln & Guillot, 2004; Durkheim, 1998) de tal naturaleza que pueden llegar a convertirse en procesos caóticos (Frank & Fahrback, 1999).

Esto quedó plasmado y comprobado en los resultados de las simulaciones en donde cada agente actúa en cada momento de acuerdo con su estado mental instantáneo ajustado por las influencias mencionadas. Como se confirma el agregado de *los micromotivos a través de procesos no lineales produce los macro-comportamientos*. En este contexto las herramientas clásicas parecen agotarse. En esta tesis se propone la adopción de las ciencias de la complejidad y sus dispositivos asociados como solución a la incapacidad analítica de los métodos clásicos en el estudio de los fenómenos sociales como la cultura organizacional en sus diferentes matices.

Las herramientas disponibles parecen agotarse. Es en este contexto que se proponen nuevas mentalidades que estudien, critiquen y finalmente acojan los planteamientos de las ciencias de la complejidad y sus teorías asociadas para el estudio de los fenómenos complejos adaptativos en las ciencias sociales. Este es el caso de la cultura organizacional, el cual se aborda en esta tesis.

La Inutilidad de la Predicción y el Control. Los presupuestos de la inutilidad de la predicción

⁸⁵ Contraintuitivo se refiere a comportamientos que se desvían de lo que se espera con base en el sentido común. La lógica formal, o clásica es insuficiente para estudiarlos y/o comprenderlos (Forrester, 1971).

y el control de la administración clásica aplicados a las organizaciones de hoy que se han cuestionado reiteradamente en esta tesis se confirman tanto desde la teórica como de la experimentación. La emergencia de la organización informal y su poder que no se pueden detectar por los métodos clásicos se hace patente en los resultados de las simulaciones en donde destellan por ejemplo *líderes en la sombra* que no necesariamente corresponden a la estructura jerárquica, agentes con altos grados de intermediación sobre la información con gran poder de bloqueo o impulso de las diferentes acciones estratégicas de las organizaciones y la emergencia de clústeres o subculturas.

Se comprueba que en las culturas subsiste la diversidad a pesar de las medidas que se tomen desde la dirección empresarial para imponer una cultura integrada, homogénea. Lo anterior refuerza la idea de que la importancia de la cultura organizacional es tal que puede afirmarse sin ambages que su influencia es de tanta magnitud que su accionar va más allá del control de la administración clásica. En esta tesis se ha demostrado que las organizaciones y los fenómenos sociales se corresponden con la naturaleza de los sistemas complejos adaptativos que están por fuera de cualquier consideración de linealidad, son no lineales y por tanto es posible que la respuesta final sea mayor que la simple suma de las respuestas individuales indicando la presencia de *sinergia* (Bratianu, 2011). Se ha demostrado que los modelos clásicos presentan una visión estática de la cultura organizacional, una imagen de la cultura en un punto determinado del tiempo y en raras ocasiones sugieren una potencial evolución (Ghinea & Bratianu, 2012). La instantaneidad de sus apreciaciones, la no consideración de las dinámicas organizacionales con la exclusión del factor tiempo puede superarse con la utilización de la complejidad y sus herramientas constituye uno de los aportes de esta tesis. Si se cambian en los experimentos los parámetros de las condiciones iniciales, así sea en cantidades pequeñas, los nuevos resultados son impredecibles.

La Complejidad Organizacional. Se ha sostenido en esta tesis que la administración ignora de plano la complejidad innata estructural y dinámica de las organizaciones humanas, lo que sería uno de los causantes principales de las múltiples dificultades que aquejan al gerenciamiento de las organizaciones contemporáneas. Las argumentaciones realizadas en este trabajo implican la concepción de las organizaciones como sistemas complejos que pueden adaptarse a los cambios del entorno y cuyas características en algunos momentos puede llevarlos a comportarse de forma asombrosamente simple y en otras ocasiones de maneras que no se pueden anticipar (Bohórquez Arévalo, 2013). Se ha demostrado que la realimentación positiva y la no linealidad corresponden a propiedades esenciales del devenir organizacional que pueden producir patrones emergentes de comportamiento no intencionados y que en muchas ocasiones son contrarios a las expectativas, inesperados y contraintuitivos (Stacey, 1995).

Como una alternativa de solución a estos problemas en esta investigación se ha propuesto, que una apertura mental hacia la adopción del nuevo paradigma de la complejidad conduciría a una visión ampliada de la realidad de las organizaciones lo que trasladaría el management actual a una dirección o administración o gerencia o management complejo que no tiene nada que ver con el trabajo de la planeación estratégica o a largo plazo, ni con el liderazgo tradicional (Maldonado,

2012c). El modelamiento y las simulaciones en esta tesis demuestran que el comportamiento de los individuos en una organización no es ni lineal ni predecible, por tanto, los ejercicios lineales de planeación resultan infundados y carentes de validez al menos en el mediano y largo plazo.

Las Organizaciones y los Fenómenos Organizacionales como Sistemas Complejos Adaptativos. Se promulgó y argumentó teóricamente en esta tesis que las ciencias sociales, la administración, las organizaciones, los fenómenos sociales en las organizaciones y por tanto la cultura organizacional son fenómenos complejos adaptativos ya que suceden en razón a la participación de seres humanos en sus procesos. La realidad de las instituciones de educación superior, como es el caso de esta investigación, se ajusta al concepto de CAS como estructuras variables con jerarquías sobrelapadas como redes de individuos o grupos de individuos interactuantes que están asociados en una dinámica común por metas o necesidades comunes (Uhl-Bien et al., 2007). La conclusión teórica es que efectivamente las organizaciones y los fenómenos que en ellas emergen y evolucionan son evidencias de su naturaleza compleja adaptativa.

Los resultados de las simulaciones realizadas en este trabajo ratifican estas posturas desde el punto de vista empírico ya que se pueden evidenciar comportamientos organizacionales lejos de equilibrio y la estabilidad que busca incesantemente la administración clásica.

La Emergencia, la Evolución y la Adaptación o Autoorganización. En esta tesis se ha adoptado el presupuesto de las organizaciones como fenómenos emergentes, evolucionando, que se autoorganizan a diferencia de los postulados de linealidad y determinismo de las teorías organizacionales clásicas que consideran a las organizaciones como siendo máquinas, con el deseo de que estas trabajen como un reloj, para estar en control, en donde reina el predominio absoluto del *comando*⁸⁶, el *control*⁸⁷ y el *planeamiento*⁸⁸. Estos deseos manageriales implican la respuesta predecible de los miembros organizacionales para lograr las metas definidas, con apenas ligeras desviaciones del planeamiento central. Los resultados pueden ser mucho menos exitosos de lo esperado en razón a la errada concepción de la naturaleza de las organizaciones (McDaniel Jr., 2007b).

Se propone aquí, la adopción del criterio de las organizaciones como sistemas complejos adaptativos, impregnados de no linealidades e incertidumbre, emergencia, evolución y autoorganización en reemplazo de los paradigmas clásicos. Admitiendo que las organizaciones están lejos de ser máquinas cuyas dinámicas se necesitan controlar y que son “*sistemas auto organizados en los que el orden emerge de manera bottom-up desde las interacciones locales en*

⁸⁶ El *comando* representa un esfuerzo por impartir instrucciones precisas, claras e inequívocas al personal lo que les permitirá alcanzar los objetivos organizacionales (McDaniel Jr., 2007b).

⁸⁷ El *control* es un proceso de ajuste basado en la realimentación de los resultados para determinar si el sistema está haciendo lo que se supone que debe estar haciendo, es decir si se están cumpliendo los objetivos. Se trata de corregir las desviaciones (McDaniel Jr., 2007b).

⁸⁸ La *planificación* o planeamiento es el proceso de toma de decisiones basado en la predicción de los estados futuros de la organización, sobre qué hacer ahora para alcanzar los objetivos deseados en el futuro (McDaniel Jr., 2007b).

las cuales están involucradas”(Ritter, Wilkinson, & Johnston, 2004, p. 175). La emergencia se entiende como una propiedad de la totalidad que no puede ser reducida ni explicada a través del comportamiento de sus partes debido a la no linealidad de las interacciones entre ellas (Gabora, 2001). En el caso de esta tesis, la cultura organizacional en sus diversas facetas *emerge* como patrones de comportamiento colectivo en el macro-nivel, producto de las micro-interacciones entre los individuos interrelacionándose en el micro-nivel (*bottom-up*). En el macro-nivel el comportamiento grupal de los individuos puede ser aceptado como una cultura organizacional.

Las Organizaciones Operando en el “filo del caos”. Otra teorización enarbolada en esta investigación es la que acoge la premisa de las organizaciones funcionando en *el filo del caos* lejos del equilibrio como la zona en donde se manifiesta la creatividad que permite la innovación en contraposición al dogmatismo de la administración clásica de estabilidad y equilibrio. La complejidad reconoce que los sistemas pueden operar en tres zonas o estados: a) una zona estable; b) una zona caótica y; c) una zona intermedia entre las dos anteriores, que se denomina *el filo del caos*. Es aquí donde se manifiesta el fenómeno de la emergencia, donde mucho está surgiendo de poco y el todo se va haciendo más rico que la suma de las partes. En la zona estable podrían operar satisfactoriamente los negocios bajo la *conditio sine qua non* de un entorno sin cambios. La segunda zona es propicia si se desea salir de una situación de crisis y explorar nuevas posibilidades para superarla. Se debe salir oportunamente de esta zona a riesgo de salir del negocio. La tercera zona o *“la zona de adaptatividad creativa...es la zona en que se tiene una gran cantidad de innovación, adaptabilidad y creatividad, y es un buen lugar para operar”* (Lewin & Regine, 2002, p. 24).

De las anteriores argumentaciones se desprende que al manager actual le corresponde poseer el entendimiento que le permita saber en que estado se debe operar para cada situación particular y cómo actuar dentro de cada estado. El manager guiado por complejidad no se sienta espera que las cosas buenas ocurran. Debe crear una estructura en donde la creatividad pueda desarrollarse alrededor de la gente (Lewin & Regine, 2002; Kauffman, 1995; Waldrop, 1994).

El liderazgo Complejo. Los fundamentos teóricos adoptados en esta investigación concluyen que el liderazgo para el Siglo XXI tiene que superar la idea tradicional del *líder visionario* la cual ya no se aprecia como valiosa. Lo que se necesita en el mundo de hoy es la redefinición de un nuevo liderazgo *fundamentado en la habilidad para crear y alentar inteligencia distribuida a través de la organización...Si el líder realmente conduce de acuerdo a la concepción actual, él o ella desactivan la estructura emergente* (McKelvey, 2002, p. 85:86).

Las concepciones sobre el liderazgo desde la visión de la complejidad incitan a la adopción de sus principios. El liderazgo orientado por la complejidad *“resulta en una orientación muy humana, lo cual fue una sorpresa, contraintuitiva”* (Regine & Lewin, 2000, Pág.22). Coincidiendo con las consideraciones del *hombre en la organización* mencionadas antes como teorización emergente en esta tesis. La propuesta que se incentiva en el presente trabajo consiste en un nuevo liderazgo basado en los sistemas complejos adaptativos (Brown, 2008; Cockburn & Smith, 2013) y especialmente en las características dinámicas e interactivas de los CAS, en cuanto a las estrategias

y comportamientos que alientan la creatividad organizacional, el aprendizaje y la adaptabilidad como un resultado de la estimulación de las dinámicas apropiadas de ellos (Uhl-Bien et al., 2007). Esta postura fue confirmada por las simulaciones pudieron dar cuenta de la emergencia de diferentes focos de liderazgo con los que seguramente no contaban los administradores académico-administrativos suponiendo que el liderazgo estaba en cabeza de los designados formalmente en los cargos de dirección.

Los Motivadores y Obstaculizadores para la Investigación Profesoral. Se ha demostrado en esta investigación que, a nivel del colectivo profesoral, en la Escuela bajo estudio, existe una preferencia sobre investigar por curiosidad en temas de interés personal y que esta actividad no está dominada por la creencia managerial de la exclusividad del asunto monetario. Estas afirmaciones se encuentran en concordancia con otros estudios que califican con alta ponderación los aspectos relativos al *desafío intelectual* y la *autonomía* en su trabajo por encima del *prestigio* y el *salario* (Lam, 2010). Merino-Soto & Salas-Blas (2016) en los resultados de sus investigaciones a nivel latinoamericano destacan la *satisfacción personal*, las *habilidades profesionales*, y el *reconocimiento institucional* y las *mejoras en la posición* como motivadores para la investigación por encima del factor *dinero* (Merino-Soto & Salas-Blas, 2016). Además es manifiesta la disposición del profesorado a utilizar sus propio tiempo y recursos desvirtuando la idea del *homo economicus* en beneficio de la del *homo scientificus* (Strandburg, 2005). Este comportamiento colectivo evidencia una situación contraintuitiva en relación con la presunción de racionalidad de los individuos involucrados.

Por otro lado, se han detectado empíricamente en este trabajo diversos factores obstaculizadores para el ejercicio de la investigación profesoral. Sin embargo, sus efectos sobre el comportamiento grupal y la producción intelectual colectiva no han podido determinarse de manera concluyente. A excepción de la investigación “*Modelo de ciclo de vida para los profesores de la universidad pública colombiana*” (Méndez, 2017) no se encuentran disponibles datos apropiados para el modelamiento y simulación en agentes sobre la influencia del apoyo administrativo (asistentes, equipo y locación de laboratorios), la disponibilidad de recursos físicos y financieros y el tiempo asignado a la investigación, entre otros. Se requieren otras investigaciones que permitan obtener la información valida necesaria. Sin embargo, se debe mencionar que el modelo elaborado en esta tesis es perfectamente expandible para el logro de estos propósitos.

Las Influencias Sociales. Se ha planteado en esta tesis como fundamentación teórica basada en el estudio de la literatura que los seres humanos actúan en las organizaciones y en su vida cotidiana con base en su estado mental el cual es dependiente de sus valores, creencias y deseos. Estos atributos individuales se modifican a través de la influencia positiva y negativa generada durante las interacciones entre individuos y las interrelaciones con el medio y no son tan decisivamente impactados por las directrices organizacionales como algunos managers suponen.

La idea de influencia social acogida en este trabajo se relaciona con “*el cambio individual en pensamientos, sentimientos, actitudes y comportamiento a nivel individual como el resultado de la interacción con otro individuo o grupo*” (Rashotte, 2015, p. 4426) considerado como similar,

atractivo o experto (Flache & Macy, 2006). En este sentido se pretende mejorar la idea de cambio en el comportamiento de los individuos por motivos organizacionales exclusivamente para valorar los efectos de las influencias sociales como preponderantes a ese respecto. En el estudio del comportamiento se deben involucrar además de la homofilia, la influencia social repulsiva con su posible efecto *boomerang* (Levy & Maaravi, 2017), *la búsqueda de la singularidad* (striving for uniqueness) y las demás fuerzas integradoras y fuerzas desintegradoras (Mäs et al., 2010).

Los Dispositivos de la Complejidad: El Modelamiento y la Simulación Basados en Agentes ABMS Como una Tercera Forma de Hacer Ciencia. El modelamiento basado en agentes es una nueva forma de hacer ciencia que proviene de los conceptos y técnicas de las ciencias de la complejidad en contraste con los método estándar de inducción y deducción (Axelrod, 1997). Es un método computacional, una forma de *la ciencia social computacional* (Cioffi-Revilla, 2010) que faculta al investigador para crear, analizar y experimentar con modelos compuestos de agentes que actúan dentro de un entorno (Miller & Page, 2007; Epstein, 2008; Macal, 2006).

En las ciencias naturales y las ciencias exactas la experimentación es el método estándar de hacer ciencia. En las ciencias sociales la experimentación es a veces imposible o no deseable bien sea por motivos de costo o impedimentos éticos, lo que hace que los experimentos sean escasamente utilizados en las ciencias sociales. En el modelamiento basado en agentes esos inconvenientes se superan porque las dificultades del aislamiento de grupos y los inconvenientes éticos no se encuentran presentes ya que la experimentación se realiza a través de componentes o sistemas virtuales. Los experimentos pueden repetirse muchas veces modificando las variables y los parámetros a conveniencia del investigador (Gilbert, 2008). La creación de vida artificial (Langton, 1988) y de sociedades artificiales permite elaborar modelos y simulaciones aplicables a problemas de los sistemas vivos (Bedau, 2003). Por tanto, al salvar los obstáculos anotados el modelamiento y la simulación basado en agentes se convierte por derecho propio en una tercera forma de hacer ciencia.

Los ABMSs son laboratorios en donde se pueden alterar los atributos, el comportamiento de los agentes y el entorno donde ellos están ubicados, para observar las repercusiones en el curso de múltiples corridas de simulación (Crooks et al., 2008). La propiedad generativa del ABMS posibilita alcanzar el comportamiento global a partir de los comportamientos individuales operando en un ambiente dinámico. En el ABMS se parte de suposiciones implícitas (reglas) como en la deducción, entonces el modelo genera datos simulados que se analizan inductivamente por medio de herramientas cualitativas y cuantitativas apoyando la intuición (Epstein, 2006; Achorn, 2005). De esta manera se salvan las insuficiencias de la modelación clásica y el problema de la desconexión micro-macro. En esta tesis se ha hecho ciencia aplicando el ABMS.

El Management Complejo. En final de cuentas se ha teorizado y dejado en firme la concepción de sistemas complejos adaptativos que poseen las organizaciones y los fenómenos sociales en general. Las organizaciones son el objeto de estudio de la administración y por tanto si las organizaciones son CAS, entonces este distintivo conduce a repensarlas en un nuevo concepto que

involucra su complejización y que se ha denominado como *la dirección o administración o gerencia o management complejo* que no tiene nada que ver con el trabajo de la planeación estratégica o a largo plazo, ni con el liderazgo tradicional (Maldonado, 2012c). A este respecto los criterios de no linealidad, impredeción e incertidumbre de las organizaciones y sus fenómenos asociados y las ideas de emergencia, evolución, autoorganización, y liderazgo complejo aportan a esta teorización. La idea consiste en adaptar el management tradicional a la realidad compleja de las organizaciones contemporáneas en vez de intentar excluirla. Las habilidades y herramientas del management y el liderazgo necesitan evolucionar para poder enfrentar exitosamente los desafíos del nuevo entorno. Los managers del Siglo XXI no deben buscar estabilidad, equilibrio y control, sino más bien, acoger el cambio y la innovación con flexibilidad y adaptación (Olmedo, 2010).

En concreto, lo que se requiere es un desplazamiento del paradigma Newtoniano tradicional al paradigma de la complejidad en el management. En la era de la incertidumbre impredecible el management debe estar basado en el paradigma de la complejidad: se debe gestionar la incertidumbre limitada y a las organizaciones como sistemas fuera del equilibrio con realimentaciones mutuas no lineales. El futuro en las empresas debe ser creado a partir de su fuerza innovadora, no anticipado, para no quedarse en organizaciones que simplemente se adaptan al entorno (Mateos, Olmedo Fernandez, & Valderas Jaramilo, 2002). Para Navarro (2000) se requiere *una gestión que facilite y promueva un desarrollo organizativo hacia formas de mayor complejidad*. Para lograrlo propone: a) *diseño fractal* flexible en busca de lograr polivalencia en los individuos, que de paso permite evitar el autoritarismo; b) creación de *neguentropía*⁸⁹, es decir información y significados que se comunican a los grupos; c) impulso y apoyo a la existencia de *fuerzas opuestas* buscando la generación de contraculturas; y d) *dirección por valores* para salir de la técnica de objetivos e instrucciones (Navarro Cid, 2000).

Snowden & Boone (2007) proponen para la gestión en contextos complejos: a) *abrirse a la discusión* ya que los ambientes complejos requieren mayor interactividad comunicativa de manera que las personas puedan generar ideas innovadoras; b) *establecer barreras* que delimitan el comportamiento de manera que el sistema pueda autorregularse dentro de esas fronteras; c) *estimular los atractores*, que son fenómenos provocados por pequeños estímulos que resuenan con las personas y permiten ganar impulso y coherencia; d) *fomentar la disidencia y la diversidad* los cuales son activos valiosos para la comunicación en ambientes complejos estimulando la aparición de patrones e ideas bien forjados; e) *administrar y supervisar las condiciones iniciales*. Dado que los resultados son impredecibles en contextos complejos, el liderazgo debe enfocarse en crear ambientes apropiados para el surgimiento de buenas ideas, en vez de buscar la generación de resultados predeterminados y desperdiciar oportunidades inesperadas (Snowden & Boone, 2007).

⁸⁹ Neguentropía se aplica a la información y los valores que alimentan grupos autogestionados (Mateos et al., 2002).

Aportes, limitaciones, conclusiones, recomendaciones y futuras líneas de investigación

Los aportes. Cumplido el objetivo de la formulación, el modelamiento y la simulación de un modelo generativo de la cultura organizacional orientada a la investigación para una sociedad artificial que permite la inclusión de la variable tiempo, de la no linealidad, que acoge la impredeción, el indeterminismo, el no reduccionismo, la incertidumbre., la ambigüedad y la imposibilidad de predecir el futuro como atributos del mundo real, esta tesis contribuye a la agenda de investigación en ciencias de la complejidad en la medida en que alguna parte de la teoría contenida ya ha sido evidenciada y otra parte se promulga y está en desarrollo actualmente. Esta investigación aporta a un amplio espectro de diferentes áreas:

Para las Ciencias Sociales. Se comprueban las bondades de acoger las ciencias de la complejidad como un prometedor paradigma que proporciona nuevos enfoques y visiones del mundo y en especial de las sociedades. Se promueve la integración con otras ciencias como las ciencias duras con la física, la biología y las matemáticas; la ciencia computacional; el modelamiento y la simulación; las ciencias humanas, las ciencias filosóficas y evidentemente con la complejidad y sus ciencias asociadas.

Para las Ciencias del Management. La consideración de las organizaciones, objeto de estudio del management, como entidades complejas adaptativas que pueden convenientemente ser tratadas como tales a través de los lentes de la complejidad, superando las visiones estáticas de las metodologías clásicas e involucrando la variable temporal para explicar la emergencia y evolución de los fenómenos complejos propios de las organizaciones humanas (poder, liderazgo, cultura). En síntesis, se aportan las bases para ejercitar *el management complejo*.

Para las organizaciones. Se evidenció que las organizaciones son sistemas complejos adaptativos con sus dinámicas propias que las mantienen en cambio constante. La aplicación de los principios de las ciencias de la complejidad al estudio de los fenómenos organizacionales como la cultura organizacional permite puentear el vacío existente entre los procesos culturales micro-evolutivos y macro-evolutivos. Entonces lo que se plantea es la adopción del criterio de *la organización compleja* para los estudios organizacionales.

Para la formación en las Ciencias de la Administración y las Organizaciones. Se sientan las bases para la elaboración de los contenidos para nuevas asignaturas que traten sobre *la complejidad para administradores* y la producción del material apropiado para estos.

Otras consideraciones. Desde un punto de vista práctico, el modelo puede ser utilizado para evaluar como los cambios organizacionales pueden tener impacto sobre la cultura organizacional. Desde el punto de vista teórico el modelo dinámico generativo de la cultura organizacional presentado puede utilizarse para probar las diferentes conjeturas que se encuentran inmersas en el vasto cuerpo de trabajos empíricos que se han desarrollado.

En esta tesis la emergencia se investiga como un proceso dinámico, lo que no se ha hecho

directamente en la literatura existente en investigación cuantitativa.

Otra limitación que ha sido superada consiste en la consideración de la dinámica de las redes de interacción e influencia, permitiendo entre otras ventajas la visualización de los nodos con mayor número de contactos y su evolución en el tiempo lo que permite detectar una semblanza del “*liderazgo en la sombra*”, que puede aprovecharse desde el punto de vista complejo para la reestructuración y el mejoramiento de las políticas y estrategias organizacionales.

Las limitaciones. A pesar de las contribuciones anteriores el estudio presenta una serie de limitaciones:

- La dificultad de contar con bases de datos sobre los procesos relativos a los motivadores y obstáculos de los profesores para realizar investigación en la universidad, lo que implicó el diseño de un estudio cualitativo exploratorio, la aplicación de un formulario de encuesta y posterior procesamiento de los datos.
- Las creencias y preferencias de algunos encuestados, sus expectativas, sus motivaciones y sus experiencias que generaron desconfianza y resquemor para diligenciar algunos apartes de la encuesta, lo que en alguna medida sesgó la fidelidad de los datos informados, aunque no la solidez científica de la investigación. Los encuestados no deseaban informar sobre el estado de sus relaciones con los demás integrantes, a pesar de la garantía de confidencialidad y anonimato de las respuestas.
- La ejecución de programas generativos incluye el manejo de gran cantidad de datos. Superar la limitación en capacidad computacional requiere el equipamiento adecuado con tecnología de punta para el procesamiento de este tipo de algoritmos.

No se consideraron otros escenarios plausibles que involucren el retiro, el deceso, la jubilación y el cambio de categoría de los agentes. Tampoco se considera la variación de la edad en la medida en que el tiempo transcurre en la simulación. Ni como los incentivos para la producción intelectual impactan sobre la disposición de los profesores para capacitarse. De todas formas, no se pretende agotar todas las posibilidades y estos aspectos quedan como extensiones al modelo para otros trabajos de investigación.

Los obstáculos. Una serie de dificultades impactaron el desarrollo del trabajo de esta tesis:

- En este caso particular debido a diferentes circunstancias desfavorables, el recurso financiero que se obtuvo fue casi nulo. Por tanto, los gastos en bibliografía pasantías, manutención, trabajo de campo etc., en su totalidad debieron ser asumidos con fondos propios o realizados por el mismo tesista. Similar situación se presentó con el recurso físico en cuanto al equipamiento computacional.
- La carencia de trabajos de este tipo en el tema específico que se ha afrontado, lo que finalmente se transformó en una fortaleza dado los retos que se han logrado superar.

- Se debe precisar que, aunque los modelos se aproximaron a la realidad dentro de las posibilidades, los datos recolectados son originales y no existen como bases de datos, por tanto, es posible afinar mucho más la disposición de este tipo de información. Esto debe realizarse a través de grupos multi e interdisciplinarios que involucren antropólogos, sociólogos, psicólogos, complejólogos e ingenieros de sistemas al menos para lograr extraer la opinión de los participantes de una manera más profunda y fidedigna. Evidentemente se requieren recursos suficientes tanto físicos como financieros para la ejecución de proyectos de esta envergadura.

A pesar de las dificultades se pudo concluir exitosamente esta investigación.

¡Quedan las puertas abiertas!!!

En fin...: No había camino, se hizo camino al andar...

Conclusiones

Al estudiar la literatura sobre la cultura organizacional se encuentra una abundante producción sobre el análisis del fenómeno desde las metodologías cualitativa y cuantitativa, con una limitación común que como se expresó en este documento proporciona una visión atemporal, instantánea de la cultura organizacional, considerando al sistema cultural como un objeto estático y no reflejan la condición dinámica, no lineal compleja del fenómeno. Esto impide el examen de la emergencia y evolución del constructo a través del tiempo.

Para el estudio de la cultura organizacional como un fenómeno complejo utilizando marcos clásicos se encuentran diferentes investigaciones con diversos enfoques y herramientas para su desarrollo. No es este el caso de los estudios específicos de la cultura organizacional dedicada a la investigación. En esta tesis se planteó, formuló y desarrolló un modelo en sistemas multiagente que permite superar la brecha entre las dimensiones micro y macro de la cultura organizacional y explicar sus patrones de comportamiento. Para las aplicaciones de los sistemas multiagente a los problemas de la investigación no se encuentran en la literatura trabajos específicamente dirigidos a esta finalidad, lo que indica un campo abierto a la investigación, más si se tiene en cuenta que la investigación es hoy considerada como fundamental para el desarrollo de los pueblos.

En los trabajos teóricos sobre ABMS los datos se generan aleatoriamente. En esta tesis los datos han sido obtenidos a través de trabajos de campo empíricos cualitativos y cuantitativos realizados sobre la comunidad bajo estudio, proporcionando una mejor aproximación a la realidad, lo que eventualmente podría atribuirles en alguna medida atributos predictivos. En particular, se logró la síntesis de un modelo en sistemas multiagente válido para examinar la emergencia y evolución de la cultura organizacional orientada a la investigación y poder explicar los patrones de comportamiento que surgen de las diferentes configuraciones y cambios en los escenarios bajo prueba.

Como una conclusión global, esta tesis logra superar los vacíos de los trabajos basados en las metodologías clásicas en cuanto a la condición dinámica y compleja de los fenómenos sociales en especial del suceso cultural e incluir la variable temporal que ha sido olvidada en esos estudios, proporcionando un modelo que permite construir diferentes escenarios dependiendo de los propósitos de estudio, modificar las condiciones a voluntad sin problemas éticos o de costos y que puede adaptarse para el estudio de otros fenómenos sociales complejos como las culturas de innovación, de servicio al cliente, de la seguridad, del riesgo, etc.

Recomendaciones

Existen múltiples asuntos esenciales que un se encuentran como retos para el modelamiento de los sistemas complejos y los comportamientos colectivos que emergen y evolucionan a partir de las interacciones de los seres humanos involucrados. El abordaje de estos desafíos es fundamental para el estudio de los sistemas sociales y sus fenómenos asociados. Algunas alternativas direccionadas hacia este propósito se mencionan en más adelante.

En cuanto al modelo implementado en esta tesis se puede afirmar que ha sido probado y puede ser adoptado y adaptado para investigaciones en otros campos de las ciencias sociales. Dependiendo de las finalidades de investigación pueden adicionarse nuevas variables, nuevas funciones y relaciones como extensiones del modelo. Por ejemplo, la inclusión de eventos como las jubilaciones, los cambios de categoría, los cambios de grupo de investigación, los traslados a otras facultades, los retiros, las nuevas vinculaciones o los decesos. También es posible asignar preferencia o diferenciación a los vínculos entre agentes de acuerdo con los éxitos o fracasos en relacionamientos pasados.

La flexibilidad y adaptabilidad del modelo permite la estructuración de múltiples escenarios para examinar los efectos de cambio en los parámetros de las diferentes variables que se vayan incorporando. El modelo en redes puede ser utilizado para explorar la existencia de centros de *poder en la sombra* o la organización informal para el establecimiento de políticas y estrategias desde la postura de la complejidad. Como los fenómenos sociales son complejos, lo que se ha podido verificar en esta tesis, es conveniente que este tipo de modelos y técnicas sean adoptados por las ciencias sociales, particularmente por las ciencias de la administración y sean incluidos formalmente en el currículo.

Es esencial conformar equipos multi e interdisciplinarios y con estrategia transdisciplinar que permitan construir bases de datos confiables para afinar los modelos y conferirles cierta capacidad de predicción. Sin ambages, se está hablando de complejizar las ciencias sociales y en consecuencia las ciencias de la administración.

Futuras líneas de investigación

Para las ciencias sociales en general y para las ciencias de la administración específicamente las posibilidades potenciales que auguran las ciencias de la complejidad y el ABMS son

prometedoras. Hoy se puede pensar en campos como la sociología, las relaciones internacionales, la psicología social y los estudios militares, para mencionar unos cuantos, como candidatos para su aplicación a las ciencias sociales. En particular para las ciencias de la administración y las organizaciones se pueden mencionar algunas opciones concretas:

El liderazgo complejo. La gran mayoría de los enfoques sobre liderazgo de hoy se fundamentan en la concepción *top-down* de modelos burocráticos que posiblemente son efectivos en economías estables orientadas a la producción. Pero este no es el caso de hoy con economías orientadas al conocimiento en donde los modelos anteriores no son adecuados, pero donde las ciencias de la complejidad proporcionan luces y describen el liderazgo como un sistema dinámico interactivo complejo que impulsa la emergencia de resultados adaptativos como el aprendizaje, la capacidad creativa y adaptativa de los sistemas complejos adaptativos.

La administración compleja. Los modelos de gestión basados en los principios newtonianos que acogen las estructuras de mando y control jerárquico, las operaciones burocráticas, la centralización del poder y la toma de decisiones, la planeación y el pronóstico, los intentos de reducción de la incertidumbre y la adopción de las metáforas de la máquina no resultan apropiadas para el mundo de hoy. Los managers del Siglo XXI deben ser conscientes que las organizaciones que ellos administran son entidades que pueden crear nuevos órdenes y auto recrearse, deberán responsabilizarse de generar condiciones que estimulen la coevolución dentro del cambiante entorno organizacional y deberán estar dispuestos a la creación de nuevas formas organizacionales en conjunto con los integrantes de las organizaciones.

A partir de los desarrollos de la complejidad se pueden derivar un grupo de nuevas herramientas administrativas, modelos, principios y filosofías que incluyen el aplanamiento de las jerarquías, la descentralización del poder, la autoridad, la toma de decisiones y la aceptación de la incertidumbre, entre otros aspectos manageriales, que pueden ser aplicados en la búsqueda del éxito organizacional en los diferentes campos de su incumbencia, entre otros:

- La gestión de los servicios públicos
- Las cadenas de suministro
- Los mercados del agua y de la energía
- Los sistemas de transporte

El análisis de redes complejas. Denominado ampliamente *análisis de redes sociales* (ARS) se puede interpretar como un intento de descripción formal de la estructura social. Se ha evidenciado su poder descriptivo de las estructuras sociales. La idea de una red compleja es sencilla, es un entramado compuesto de actores (nodos) que se encuentran relacionados a través de vínculos (aristas). La parte esencial son los vínculos que proporcionan la información sobre el ambiente microsocial que emerge y evoluciona dando origen a los macro comportamientos. El ARS permite identificar a cada uno de los actores en una sociedad, sus roles, preferencias de grupo, su influencia y capacidad de intermediación. En el nivel macro es posible detectar los patrones de conformación de la red y la formación de comunidades. Subyaciendo a cada sistema complejo hay una red que define las interacciones entre los miembros. El mapeo y la comprensión de las redes nos

proporcionan caminos para entender los sistemas complejos, lo que les proporciona el estatus como ciencia de frontera, pertinente para su aplicación al campo de las ciencias sociales.

El modelamiento y la simulación basados en agentes. Esta herramienta permite la realización de una variedad de experimentos de la mente que son de aplicación en el estudio de sistemas complejos donde las interacciones de múltiples agentes en el micro nivel producen efectos impredecibles en el macro nivel que son las propiedades emergentes del sistema. No hay una dirección centralizada, las propiedades emergentes son los resultados de procesos bottom-up (de abajo hacia arriba). El modelamiento de sociedades artificiales, por ejemplo, permite crecer estructuras sociales *in silico* donde un conjunto de sencillas micro-especificaciones es suficiente para generar un macro fenómeno de interés. El ABMS se considera como una tercera forma de hacer ciencia.

Se debe precisar que, en este medio, la realización de las nuevas líneas de investigación propuestas tropieza con magnificas dificultades de orden estructural. Principalmente la formación de los profesionales y docentes en ciencias sociales, en administración y sus profesiones asociadas, en las humanidades y demás áreas del conocimiento que aún se encuentran permeadas por las fronteras disciplinares, lo que se constituye en el supremo impedimento para éxito de esta misión. Ligada a estas barreras se encuentra la disposición de los educadores y los profesionales de estas disciplinas para el abordaje de temas como las matemáticas, la física, la biología las ciencias de la computación y las ciencias de la complejidad, por ejemplo, dentro de su formación. Esta última está vinculada y condicionada por otro obstáculo que concierne a la postura de las instituciones que imparten la formación. Se requiere una apertura paradigmática para que además de traspasar las fronteras disciplinares, se consoliden nuevas formas de trabajo en equipo para la producción de nuevas clases de conocimiento. Esta perspectiva es *la transdisciplinariedad*, concepto aun en debate, pero entendida concretamente en una de sus varias acepciones como:

“el conjunto de axiomas que trasciende el estrecho alcance de la visión disciplinaria del mundo, a través de una elaborada síntesis”

Esta postura se caracteriza por el tratamiento de problemas sociales relevantes, la trascendencia e integración de diversos paradigmas disciplinares, la investigación participativa y la búsqueda de la unidad de conocimiento más allá de las disciplinas. Esta investigación es de corte transdisciplinar. Ahora, es pertinente e inquietante indagar sobre:

¿Cómo educar y entrenar a los investigadores y profesionales de manera que adquieran las capacidades que implica la visión de la transdisciplinariedad para la creación de nuevo conocimiento?

Es una pregunta que queda abierta como resultado de esta tesis que invita a indagar sobre la búsqueda de posibles caminos...

Referencias

- Abridah, A. I. A. (2012). *The Influence of National and Organisational Culture on Creativity in Libyan Work Environments*. University of Huddersfield. Retrieved from <http://eprints.hud.ac.uk/17513/>
- Achorn, E. (2005). Integrating Agent-Based Models with Quantitative and Qualitative Research Methods. *AARE International Education Research Conference. 2004*, 7. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/f411/dbbaa21744394eea5dd362eccb0c7786d4cb.pdf>
- Ackoff, R. L. (2004). *El Paradigma de Ackoff: Una Administración Sistémica* (2a ed.). New York, N. Y.: Limusa / Wiley.
- Ackoff, R. L. (2004). *Planificación de la Empresa del Futuro* (1a ed.). Mexico D.F.: Limusa/Noriega.
- Adamic, L., & Glance, N. (2005). The Political Blogosphere and the 2004 U.S. Election: Divided They Blog. *Proceedings of the 3rd International Workshop on Link Discovery - LinkKDD '05*, 36–43. <https://doi.org/10.1145/1134271.1134277>
- Ahern, J. (2011). From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. *Landscape and Urban Planning*, 100(4), 341–343. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.02.021>
- Ahmed, P. K., Sheperd, C. D., Ramos Garza, L., & Ramos Garza, C. (2012). *Administración de la Innovación*. (Guillermo Domínguez Chávez, Ed.) (1a ed.). México D.F.: Pearson Education. Retrieved from <http://redaadem.org/articulos/iedee/v15/152093.pdf>
- Aktouf, O. (1998). *La administración: Entre tradición y renovación*. (M. Gaetan, Ed.) (1a ed.). Cali, Colombia: Artes Gráficas Universidad del Valle.
- Aktouf, O. (2001). *La estrategia del avestruz racional: posglobalización, economía y organizaciones* (1a ed.). Cali, Colombia: Talleres Artes Gráficas del Valle.
- Aktouf, O. (2002). El Simbolismo y la “Cultura Organizacional” De los abusos conceptuales a las lecciones de campo. *AD-Minister*, 31, 63–93. Retrieved from <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/administer/article/view/673>
- Allaire, Y., & Firsirotu, M. E. (1984). Theories of Organizational Culture. *Organization Studies*, 5(3), 193–226. <https://doi.org/10.1177/017084068400500301>
- Allan, R. (2010). Survey of Agent Based Modelling and Simulation Tools. Retrieved from <http://www.grids.ac.uk/Complex/ABMS/>
- Amozurrutia, J. A. (2012). Complejidad Y Ciencias Sociales. In *El Mundo de las Ciencias de la Complejidad* (1a ed., p. 445). Bogota, D.C.: Editorial Universidad del Rosario.
- An, J.-Y., Yom, Y.-H., & Ruggiero, J. S. (2011). Organizational Culture, Quality of Work Life, and Organizational Effectiveness in Korean University Hospitals. *Journal of Transcultural Nursing*, 22(1), 22–30. <https://doi.org/10.1177/1043659609360849>
- Andriani, P., & McKelvey, B. (2007). Beyond Gaussian Averages: Redirecting Management Research Toward Extreme Events and Power Laws. *Journal of International Business Studies*, 38, 1212–1230. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jibs.8400324>
- Archer, M. S. (2010). Morphogenesis Versus Structuration: on Combining Structure and Action. *The British Journal of Sociology*, 61(1), 225–252. <https://doi.org/10.1111/j.1468-4446.2009.01245.x>

- Arslan, R., & Aydin, E. (2012). Complexity of Organizational Culture and Necessity of Change for Emerging Universities in Turkey. *International Journal of Arts and Commerce*, 1(5), 245–254. Retrieved from http://www.ijac.org.uk/images/frontImages/gallery/Vol._1_No._5/23.pdf
- Axelrod, R. (1997). *The Complexity of Cooperation: Agents Based Models of Cooperation and Collaboration* (1a.). Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Axelrod, R. (2005). Advancing the Art of Simulation in the Social Sciences. *Handbook of Research on Nature Inspired Computing for Economy and Management*, 13. Retrieved from <http://www-personal.umich.edu/~axe/research/AdvancingArtofSim.pdf>
- Axelrod, R., & Cohen, M. D. (1999). *Harnessing Complexity* (1a ed.). New York, N. Y.: The Free Press.
- Babbage, C. (1846). *On the economy of machinery and manufactures* (3a ed.). Cambridge, MA: Cambridge University Press. Retrieved from <https://ia800306.us.archive.org/31/items/oneconomyofmachi00babbrich/oneconomyofmachi00babbrich.pdf>
- Bagheri, R., Hassani, K., & Eslami, S. P. (2013). A Novel Reengineering Methodology for Organizations as Complex Adaptive Systems. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 3(4), 394–403. Retrieved from [https://www.textroad.com/pdf/JBASR/J. Basic. Appl. Sci. Res., 3\(4\)394-403, 2013.pdf](https://www.textroad.com/pdf/JBASR/J. Basic. Appl. Sci. Res., 3(4)394-403, 2013.pdf)
- Bagozzi, R., & Yi, Y. (1988). On the Evaluation of Structure Equation Models. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 16(1), 74–94. <https://doi.org/10.1007/BF02723327>
- Bailey, T. L. (2011). *Organizational Culture's Impact on the Effectiveness of Research Administration Units: A Multicase Study of Historically Black Doctoral Degree Granting Institutions*. Florida State University. Retrieved from <https://fsu.digital.flvc.org/islandora/object/fsu:169134/datastream/PDF/view>
- Bak, P. (1996). *How nature works: the science of self-organized criticality* (1a ed.). New York, N. Y.: Springer Science+ Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-14757-5426-1>
- Baldwin, J. R. (1995). *Innovation: The Key to Success in Small Firms*. Statistics Canada - Microeconomic Analysis Division. <https://doi.org/10.2139>
- Balthazard, P. A., Cooke, R. A., & Potter, R. E. (2006). Dysfunctional Culture, Dysfunctional Organization Capturing the Behavioral Norms that Form Organizational Culture and Drive Performance. *Journal of Managerial Psychology*, 21(8), 709–732. <https://doi.org/DOI:10.1108/02683940610713253>
- Bar-Yam, Y. (1997). *Dynamics of Complex Systems* (1a ed.). Boulder, Colorado: West View Press. Perseus Book Group.
- Barabási, A.-L. (2007). The Architecture of Complexity. From Network Structure to Human Dynamics. *IEEE Control Systems Magazine*, 33–42. Retrieved from <http://barabasi.com/f/226.pdf>
- Barabási, A.-L. (2014). *Network Science. Graph Theory*. Creative Commons: CC BY-NC-SA 2.0. Retrieved from <http://barabasi.com/f/625.pdf>
- Barabasi, A. L., & Bonabeau, E. (2003). Scale Free Networks. *Scientific American*, 50–59. Retrieved from <http://barabasi.com/f/124.pdf>
- Barbolla Diz, C., Benavente Martínez, N., López Barrera, T., Martín de Almagro Gómez, C.,

- Perlado Sotodosos, L., & Serrano de Luca, C. (2010). *Investigación Etnográfica* (1a ed.). *Métodos de Investigación Educativa en Ed. Especial*. Retrieved from https://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Presentaciones/Curso_10/I_Etnografica_Trabajo.pdf
- Bardin, L. (1996). *Análisis de Contenido* (2a ed.). Madrid: Ediciones AKAL, S. A.
- Barley, S. R., & Kunda, G. (1995). Plan y Dedicación: Oleadas de las Ideologías de Control Normativo y Racional en el Discurso Administrativo. *Innovar*, 6, 80–107. Retrieved from <http://revistas.unal.edu.co/index.php/innovar/article/view/19136/20082>
- Barney, J. B. (1986). Organizational Culture: Can It Be a Source of Sustained Competitive Advantage? *The Academy of Management Review*, 11(3), 656–665. Retrieved from https://www.jstor.org/stable/258317?seq=1#page_scan_tab_contents
- Barsh, J., Capozzi, M. M., & Davidson, J. (2008). Leadership and innovation. *The McKinsey Quarterly*, 1, 37–47. Retrieved from <https://www.immagic.com/eLibrary/ARCHIVES/GENERAL/MCKNSYUS/M080104B.pdf>
- Bedau, M. (2003). Artificial Life. In Luciano Floridi (Ed.), *The Blackwell Guide to the Philosophy of Computing and Information* (1a ed., p. 24). Wiley-Blackwell. Retrieved from <http://people.reed.edu/~mab/publications/papers/bgpci.pdf>
- Bednar, J., Bramson, A., Jones-Rooy, A., & Page, S. E. (2010). Emergent Cultural Signatures and Persistent Diversity: A Model of Conformity and Consistency. *Rationality and Society*, 22(4), 407–444. <https://doi.org/10.1177/1043463110374501>
- Begun, J. W., Zimmerman, B., & Dooley, K. (2003). Health Care Organizations as Complex Adaptive Systems. In S. M. M. and M. Wytenbach (Ed.), *Advances in Health Care Organization Theory* (1a ed., pp. 253–288). San Francisco: Jossey-Bass. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/228384399_Health_care_organizations_as_complex_adaptive_systems
- Belaustegi I., L. (2012). *Control y Cultura en la Empresa*. Universidad del País Vasco. Retrieved from https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/11352/Tesis_LUIS_BELAUSTEGI_IBARLUZEA.pdf?sequence=1
- Bento, F. C. (2013). *Organizational Complexity: Leadership and Change in Research-Intensive Academic Departments*. Norwegian University of Science and Technology. Retrieved from <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/270303>
- Bernal Giraldo, D. A., Torres Garzón, L. A., & Noriega Serrano, P. A. (2011). *Caracterización de la cultura organizacional de la universidad de San Buenaventura Bogotá*. Universidad de San Buenaventura Sede Bogotá. Retrieved from http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/721/1/Caracterización_cultura_organizacional_Bernal_2011.pdf
- Berreby, D. (1998). Complexity Theory: Fact-free Science or Business Tool? *Strategy & Business*, 10, 40–50. Retrieved from <https://www.strategy-business.com/article/9735?pg=0>
- Bertalanffy, L. von. (1993). *Teoría General de los Sistemas* (4a ed.). Mexico D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Bertuglia, C. S., & Vaio, F. (2005). *Non Linearity, Chaos, & Complexity* (1a ed.). New York, N. Y.: Oxford University Press. Retrieved from <https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id...assetKey...>

- Beugelsdijk, S., Koen, C. I., & Noorderhaven, N. G. (2004). Organizational Culture and Relationship Skills. *Tilburg University- Faculty of Economics & Business Administration*, 52.
- Beytekin, O. F., Yalcinkaya, M., Dogan, M., & Karacoc, N. (2010). The Organizational Culture At The University. *The International Journal of Educational Researchers*, 2(1), 1–13. Retrieved from <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/ijers/article/view/5000041395/5000038925>
- Bibliatodo. (2018). Bibliatodo Diccionario. Retrieved November 24, 2017, from <https://www.bibliatodo.com/Diccionario-biblico/caos>
- Binder, P. (2001). Cuatro Versiones Sobre la Complejidad. In C. E. Maldonado (Ed.), *Visiones Sobre la Complejidad* (2a ed., p. 258). Bogota, D.C.
- Bitar, J. (2006). Towards an Understanding of Elusive Organizational Phenomena: Organizations as Complex Adaptive Systems. *La Chaire de Management Stratégique International Walter-J.-Somers*, 06(27), 31. Retrieved from http://www.gresi-cetai.hec.ca/chairemsi/pdfcahiersrech/06_27_02.pdf
- Boccaro, N. (2010). *Modeling Complex Systems* (2a ed.). Chicago, IL: Springer Science+Business Media.
- Bogoya M., D. (1982). Características del Equilibrio Termodinámico. *Ing. Inv.*, 3, 64–67. Retrieved from <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingenv/article/view/28733/29022>
- Bohórquez Arévalo, L. E. (2013). La Organización Empresarial Como Sistema Adaptativo Complejo. *Estudios Gerenciales*, 29(127), 258–265. Retrieved from https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios_gerenciales/rt/prINTERfriendly/1648/H TML
- Bohórquez Arévalo, L. E., & Espinosa, A. (2015). Theoretical Approaches to Managing Complexity in Organizations: A Comparative Analysis. *Estudios Gerenciales*, 31, 20–29. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.estger.2014.10.001>
- Boisnier, A., & Chatman, J. A. (2002). The Role of Subcultures in Agile Organizations. *Haas School of Business University of California, Berkeley*, 35. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/265206215_The_Role_of_Subcultures_in_Agile_Organizations
- Bozarth, C. C., Warsing, D. P., Flynn, B. B., & Flynn, E. J. (2009). The impact of supply chain complexity on manufacturing plant performance. *Journal of Operations Management*, 27, 78–93. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/222517332_The_Impact_of_Supply_Chain_Complexity_on_Manufacturing_Plant_Performance
- Braathén, P. (2016). Paradox in Organizations Seen as Social Complex Systems. *Emergence: Complexity and Organization*, 14. <https://doi.org/10.17357/e5b6cf66b725a23565b6c822a7d2670b>
- Bratianu, C. (2008). A Dynamic Structure of the Organizational Intellectual Capital. M. Naaranoja (Ed.). *Knowledge Management in Organizations*, 233–243. Retrieved from https://www.academia.edu/20895905/A_DYNAMIC_STRUCTURE_OF_THE_ORGANIZATIONAL_INTELLECTUAL_CAPITAL_
- Bratianu, C. (2011). A New Perspective of the Intellectual Capital Dynamics in Organizations. <https://doi.org/DOI: 10.4018/978-1-60960-054-9.ch001>

- Bratman, M. E. (1999). *Intentions, Plans and Practical Reason* (1a ed.). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Braun, E. (2003). *Caos, Fractales y Cosas Raras* (3a ed.). Mexico D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Bravo, C. S., & de Egaña, A. H. (2017). Influencias de la estrategia de downsizing sobre la estructura de la empresa. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios, São Paulo*, 19(63), 118–132. <https://doi.org/10.7819/rbgn.v19i63.1905>
- Brown, C. (2008). The Use of Complex Adaptive Systems as a Generative Metaphor in an Action Research Study of an Organisation. *The Qualitative Report*, 13(3), 416–431. Retrieved from <http://nsuworks.nova.edu/tqr/vol13/iss3/6/>
- Brownlee, J. (2007). *Complex Adaptive Systems*. Melbourne, AU. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.70.7345&rep=rep1&type=pdf>
- Bruch, E., & Atwell, J. (2015). Agent-Based Models in Empirical Social Research. *Sociol Methods Research*, 44(2), 186–221. <https://doi.org/10.1177/0049124113506405>
- Burns, T., & Stalker, G. M. (1962). *The management of innovation* (1a ed.). Quadrangle Books. <https://doi.org/10.2307/2390904>
- Burrell, G., & Morgan, G. (1979). *Sociological Paradigms and Organisational Analysis* (1a.). Burlington, VT 0540 1-4405 USA: Ashgate Publishing Limited. Retrieved from http://sonify.psych.gatech.edu/~ben/references/burrell_sociological_paradigms_and_organizational_analysis.pdf
- Byrne, D. (2009). Complex Realist and Configurational Approaches to Cases: A Radical Synthesis. In D. Byrne & C. C. Ragin (Eds.), *The SAGE Handbook of Case-Based Methods* (pp. 101–111). London EC1Y 1SP: SAGE Publications Ltd. Retrieved from [https://marcell.memoryoftheworld.org/David Byrne/The SAGE Handbook of Case-Based Methods \(2580\)/The SAGE Handbook of Case-Based Methods - David Byrne.pdf](https://marcell.memoryoftheworld.org/David%20Byrne/The%20SAGE%20Handbook%20of%20Case-Based%20Methods%20(2580)/The%20SAGE%20Handbook%20of%20Case-Based%20Methods%20-%20David%20Byrne.pdf)
- Cabrera, A., Cabrera, E. F., & Barajas, S. (1999). *Organizational Culture as a Determinant of Technology Assimilation. Business Economics Series 12*. Madrid. Retrieved from <http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/6512/wb994612.PDF?sequence=1&isAllowed=y>
- Cameron, K. S. (1978). Measuring Organizational Effectiveness in Institutions of Higher Education. *Administrative Science Quarterly*, 23, 604–629. Retrieved from [http://webuser.bus.umich.edu/cameronk/PDFs/Organizational Effectiveness/Measuring Org Effectiveness.pdf](http://webuser.bus.umich.edu/cameronk/PDFs/Organizational%20Effectiveness/Measuring%20Org%20Effectiveness.pdf)
- Cameron, K. S., & Quinn, R. E. (1999). An Introduction to Changing Organizational Culture. In *Diagnosing and Changing Organizational Culture*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. Retrieved from [http://webuser.bus.umich.edu/cameronk/PDFs/Organizational Culture/CULTURE BOOK-CHAPTER 1.pdf](http://webuser.bus.umich.edu/cameronk/PDFs/Organizational%20Culture/CULTURE%20BOOK-CHAPTER%201.pdf)
- Cameron, K. S., & Quinn, R. E. (2006). *Diagnosing and Changing Organizational Culture* (Revised). San Francisco, CA: Jossey Bass.
- Campos, V. S. (2004). *Teorias Organizacionais Postmodernas y la Gestacion del Sujeto Postmoderno*. Universidad Autónoma de Barcelona. Retrieved from <https://www.psiucv.cl/wp-content/uploads/2012/11/vsc1de11.pdf>
- Capra, F. (2010). *La Trama de la Vida* (2a ed.). Barcelona, España: Editorial Anagrama, S.A.
- Capra, F., & Sempau, D. (2003). *Las Conexiones Ocultas: Implicaciones Sociales*,

- Medioambientales, Económicas y Biológicas de Una Nueva Visión del Mundo* (1a ed.). Editorial Anagrama, S.A.
- Cárdenas, J. P. (2012). El Camino a la Complejidad, 60. Retrieved from http://www.sistemascomplejos.cl/wp-content/uploads/2012/04/clase_2.pdf
- Cardozo Brum, M. (2011). Las Ciencias Sociales y el Problema de la Complejidad. *Argumentos - UAM, México*, 24(67), 15–35. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/argu/v24n67/v24n67a2.pdf>
- Carlisle, Y., & McMillan, E. (2006). Innovation in organizations from a complex adaptive systems perspective. *E:CO*, 8(1), 2–9. Retrieved from <https://journal.emergentpublications.com/article/innovation-in-organizations-from-a-complex-adaptive-systems-perspective/>
- Carlson School of Management. (2003). Applying Complexity Science to Health and Healthcare. *WwwPlexusInstitute.Com*. Retrieved from http://c.ymcdn.com/sites/www.plexusinstitute.org/resource/collection/6528ED29-9907-4BC7-8D00-8DC907679FED/11261_Plexus_Summit_report_Health_Healthcare.pdf
- Chan, S. (2001). Complex Adaptive Systems. *Research Seminar in Engineering Systems*, 9. Retrieved from http://web.mit.edu/esd.83/www/notebook/Complex_Adaptive_Systems.pdf
- Chanlat, J. F. (2002). *Ciencias sociales y administración* (1a ed.). Medellín: Fondo Editorial, Universidad EAFIT.
- Chao, G. T., & Moon, H. (2005). The Cultural Mosaic: A Metatheory for Understanding the Complexity of Culture. *Journal of Applied Psychology*, 90(6), 1128–1140. Retrieved from https://www.academia.edu/1545776/The_Cultural_Mosaic_A_Metatheory_for_Understanding_the_Complexity_of_Culture
- Chattoe-Brown, E. (2014). Using Agent Based Modelling to Integrate Data on Attitude Change. *Sociological Research Online*, 19(1), 1–16. <https://doi.org/10.5153>
- Chattoe, E. (1998). Just How (Un)Realistic are Evolutionary Algorithms as Representation of Social Processes? *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 1(3), 37. Retrieved from <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/1/3/2/2.pdf>
- Choudhry, R. M., Fang, D., & Mohamed, S. (2007). The Nature of Safety Culture: A survey of the state-of-the-art. *Safety Science*, 45, 993–1012. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/223344133_The_nature_of_safety_culture_A_survey_of_the_state-of-the-art
- Christakis, N. A. (2012). A New Kind of Social Science for the 21st Century. *Edge.Org*. Retrieved from https://www.edge.org/conversation/nicholas_a_christakis-a-new-kind-of-social-science-for-the-21st-century
- Cioffi-Revilla, C. (2010). Computational social science. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2(3), 259–271. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1708051>
- Clark, G. (2002). Organisational Culture and Safety: An Interdependent Relationship. *Australian Health Review*, 25(6), 208–216. Retrieved from <http://www.publish.csiro.au/ah/pdf/AH020181>
- Closs, D. J., Jacobs, M. A., Swink, M., & Webb, G. S. (2008). Toward a theory of competencies for the management of product complexity: Six case studies. *Journal of Operations*

- Management*, 26, 590–610. Retrieved from https://www.academia.edu/28033583/Toward_a_theory_of_competencies_for_the_management_of_product_complexity_Six_case_studies
- Cockburn, T., & Peter A. C. Smith. (2013). Leadership: A Complex Concept Awaiting a new Explanation? *Universidad & Empresa*, 25, 33–51. Retrieved from <https://www.google.com.co/search?q=Leadership%3A+A+complex+concept+awaiting+a+new+explanation%3F&oq=Leadership%3A+A+complex+concept+awaiting+a+new+explanation%3F&aqs=chrome..69i57j69i58.2406j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Cohen, M. (1999). Commentary on the Organization Science Special Issue on Complexity. *Organization Science*, 10(3), 373–376. <https://doi.org/https://doi.org/10.1287/orsc.10.3.373>
- Cohen, M. D., March, J. G., & Olsen, J. P. (1972). A Garbage Can Model of Organizational Choice. *Administrative Science Quarterly*, 17(2), 1–25. Retrieved from https://www.unc.edu/~fbaum/teaching/articles/Cohen_March_Olsen_1972.pdf
- Cooke, R. A., & Szumal, J. L. (2013). Using the Organizational Culture Inventory to Understand the Operating Cultures of Organizations. *Handbook of Organizational Culture & Climate*, 19. Retrieved from http://www.rcpaconference.org/wp-content/uploads/2015/09/W54_Stamoolis_How-Culture-Works-HSI.pdf
- Cordón García, O. (2013). *Redes y Sistemas Complejos* (1a ed.). Granada, España: Universidad de Granada. Retrieved from <http://sci2s.ugr.es/graduateCourses/RedesSistemasComplejos>
- Cronbach, L. J. (1975). Beyond the Two Disciplines of Scientific Psychology. *American Psychologist*, 30, 116–127. Retrieved from <https://static1.squarespace.com/static/57309137ab48de6f423b3eec/t/59a7188af7e0ab8b4a87eb59/1504123021308/Cronbach1975.pdf>
- Crooks, A., Castle, C., & Batty, M. (2008). Key Challenges in Agent-Based Modelling for Geo-Spatial Simulation. *Centre for Advanced Spatial Analysis (CASA). University College London*, 10.
- Crozier, M. (1964). *The Bureaucratic Phenomenon* (1a ed.). Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- D. W. De Long, & Liam Fahey. (2000). Diagnosing Cultural Barriers to Knowledge Management. *Academy of Management Executive*, 14(4), 113–127. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/230557514_Diagnosing_Cultural_Barriers_to_Knowledge_Management
- Dasanayaka, S. (2010). Implications of Organizational Culture on Innovation: An Exploratory Micro Study of Sri Lankan Gift and Decorative-ware Sector Firms, 20. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/255577891_Implications_of_Organizational_Culture_on_Innovation_An_Exploratory_Micro_Study_of_Sri_Lankan_Gift_and_Decorative-ware_Sector_Firms
- Dauber, D., Fink, G., & Yolles, M. (2010). A Generic Theory of Organizational Culture. *SMA_2010_Proceedings*, 7. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/228215572_A_Generic_Theory_of_Organizational_Culture
- Dauber, D., Fink, G., & Yolles, M. (2012). A Configuration Model of Organizational Culture, 03(21), 16. <https://doi.org/10.1177/2158244012441482>

- Davies, H. T. O., Nutley, S. M., & Mannion, R. (2000). Organizational Culture and Quality of Health Care. *Organizational Culture and Quality of Health Care*, 9, 111–119. Retrieved from <http://qualitysafety.bmj.com/content/9/2/111>
- Dawkins, R. (2002). *El Gen Egoista* (14a ed.). Barcelona, España: Salvat Editores, S. A.
- De Bruyne, P., Herman, J., & De Schoutheete, M. (1974). *Dynamique de la Recherche en Sciences Sociales* (1a ed.). Paris: Presses Universitaires de France.
- De la Reza, G. (2010). *Sistemas Complejos. Perspectivas de Una Teoría General*. (U. A. M. de México, Ed.) (1a ed.). Mexico D.F.: Antrophos Editorial.
- Deal, T. E., & Kennedy, A. E. (1982). *Corporate Cultures*. Reading, MA.: Perseus Publishing.
- Denison, D. R. (1991). *Cultura Corporativa y productividad organizacional* (1a ed.). Bogotá: LEGIS EDITORES.
- Denison, D. R. (1996). What is the Difference between Organizational Culture and Organizational Climate? A Native's Point of View on a Decade of Paradigms War. *The Academy Of Management Review*, 21(3), 619–654. Retrieved from <http://www.cnr.it/benessere-organizzativo/docs/bibliografia/32.pdf>
- Denzin, N. K., & Lincoln, I. S. (2003). The Discipline and Practice of Qualitative Research. In *Strategies of Qualitative Inquiry* (2a., pp. 1–45). Thousand Oaks, California: Sage Publications, Inc.
- Déry, R. (2004). Homo Administrativus y su doble, en busca del saber. *AD-MINISTER Universidad EAFIT, Medellín*, (5), 40. Retrieved from http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/administer/article/view/681/607#.U_yzb2M0drs
- Desiato, M., & Guevara, M. F. (1998). *El Hombre en la Teoría de la Administración. Antropología y Ética en el Ámbito de la Gestión y Gerencia de Empresas* (1a ed.). Caracas, Venezuela: Universidad Católica Andrés Bello. Retrieved from https://books.google.com.co/books?id=GIwIElC7pB8C&pg=PA185&lpg=PA185&dq=administracion.+la+maquina+humana&source=bl&ots=VJD79u3PZH&sig=kDRCOccHgPnteo hG03ys5Waqd80&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwill6_byNbZAhWsmOAKHVrIBWsQ6AE INzAG#v=onepage&q=administracion. la maquina
- Devaney, R. L. (2003). *An Introduction to Chaotic Dynamical Systems* (2a ed.). Boulder, Colorado: West View Press. Perseus Book Group.
- Dooley, K. (1996). A Nominal Definition of Complex Adaptive Systems. *The Chaos Network*, 8(1), 2–3. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/244963240_A_nominal_definition_of_complex_adaptive_systems
- Dooley, K. J. (2009). The Butterfly Effect of the “Butterfly Effect.” *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, 13(3), 11. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/26293156_The_Butterfly_Effect_of_the_Butterfly_Effect
- Duncan, W. J. (1989). Organizational Culture: "Getting a Fix" on an Elusive Concept. *Academy of Management*, 3(3), 229–236. Retrieved from https://www.jstor.org/stable/4164902?seq=1#page_scan_tab_contents
- Durkheim, E. (1998). *El Suicidio* (5a ed.). Barcelona, España: Akal Ediciones.
- Easley, D., & Kleinberg, J. (2010). *Networks, Crowds, and Markets: Reasoning about a Highly*

- Connected World* (1a ed.). Cambridge, MA: Cambridge University Press. Retrieved from <https://www.cs.cornell.edu/home/kleinber/networks-book/networks-book.pdf>
- Edmonds, B. (1995). What is Complexity? The Philosophy of Complexity per se with Applications to Some Examples in Evolution. *The Evolution of Complex Systems*. Retrieved from cogprints.org/357/4/evolcomp.pdf
- Edwards, A. A. (2009). El Diagnóstico de “La Cultura Organizacional o las Culturas de la Cultura.” *Global Media Journal*, 6(11), 67–81. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=68711445005>
- Eguíluz, V. M., Zimmermann, M. G., Cella-Conde, J. C., & San Miguel, M. (2005). Cooperation and emergence of role differentiation in the dynamics of social networks. *American Journal of Sociology*, 110(4), 977–1008. Retrieved from <https://arxiv.org/pdf/0712.1351.pdf>
- Ehtesham, U. M., Muhammad, T. M., & Muhammad, S. A. (2011). Relationship between Organizational Culture and Performance Management Practices: A Case of University in Pakistan. *Journal of Competitiveness*, (4), 78–86. Retrieved from <http://www.cjournal.cz/files/77.pdf>
- Elizalde Prada, Ó. (2011). Aproximación a las ciencias de la complejidad. *Revista Universidad De La Salle*, 61, 45–66. Retrieved from <https://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ls/article/download/2438/2155/>
- Ellis, B., & Herber, S. I. (2011). Complex Adaptive Systems (CAS): An Overview of Key Elements, Characteristics and Application to Management Theory. *Informatics in Primary Care*, 19(1), 33–37. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14236/jhi.v19i1.791>
- Emirbayer, M. (1996). Useful Durkheim. *Sociological Theory*, 14(2), 109–130. <https://doi.org/10.2307/201902>
- Eoyang, G. H., & Berkas, T. H. (1998). Evaluation in a Complex Adaptive System. Retrieved from <https://c.ymcdn.com/sites/plexusinstitute.site-ym.com/resource/resmgr/files/evalincas.pdf>
- Epstein, J. M. (2006). *Generative Social Science : Studies in Agent-based Computational Modeling* (1a ed.). Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Epstein, J. M. (2008). Why Model? *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 11(4), 5. Retrieved from <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/11/4/12.html>
- Epstein, J. M., & Axtell, R. (1996). *Growing Artificial Societies. Social Science from Bottom-Up* (1a ed.). Washington D.C.: Cambridge: MIT Press.
- Erdi, P. (2010). *Complexity Explained* (1a ed.). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Escalante Gómez, E. (2009). La cultura organizacional y la efectividad de los programas de maestría. *Universitas*, 3(2), 41–45. Retrieved from <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/207663/2/41-45.pdf>
- Espinosa, A., & Porter, T. (2011). Sustainability, Complexity and Learning: Insights from Complex Systems Approaches. *The Learning Organization*, 18(1), 54–72. <https://doi.org/10.1108/096964711111096000>
- Espinoza, M. (1995). René Thom: De la Teoría de las Catástrofes a la Metafísica. *La Filosofía de Los Científicos*, 321–348. Retrieved from http://institucional.us.es/revistas/themata/14/14_Espinoza.pdf

- Fayol, H. (1956). *Administracion industrial y general: Prevision, organizacion, mando, coordinacion, control*. Buenos Aires, Argentina: Editorial El Ateneo.
- Ferber, J. (1999). *Multi-Agent Systems: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence*. (Addison-Wesley, Ed.). Harlow, UK.
- Fischer, R. (2009). Where is Culture in Cross Cultural Research?: an Outline of a Multilevel Research Process for Measuring Culture as Shared Meaning System. *International Journal of Cross Cultural Management*, 9(25), 25–49. <https://doi.org/10.1177/1470595808101154>
- Fitzgerald, B., & Murphy, C. (1996). Business Process Reengineering, The Creation and Implementation of a Methodology. *INFOR: Journal of Information Systems and Operational Research*, 34(1), 3–14. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/cf57/22570d963f371bef9e428566a808247bcc5e.pdf>
- Flache, A., & Macy, M. (2017). Social Dynamics from the Bottom Up: Agent-Based Models of Social Interaction. *The Oxford Handbook of Analytical Sociology*, 26. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199215362.013.11>
- Flache, A., & Macy, M. W. (2006). What sustains stable cultural diversity and what undermines it? Axelrod and beyond. *Advancing Social Simulation: Proceedings of the First World Congress on Social Simulation*. S. Takahashi (Ed.). Kyoto, Japan, 9–16. Retrieved from <http://cds.cern.ch/record/944203/files/0604201.pdf>
- Flache, A., Mäs, M., Feliciani, T., Chattoe-Brown, E., Defuant, G., Huet, S., & Lorenz, J. (2017). Models of Social Influence: Towards the Next Frontiers. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 20(4), 1–31. <https://doi.org/10.18564/jasss.3521>
- Folch, M. T., & Ion, G. (2008). Contrastando Dos Modelos de Análisis de la cultura Organizativa de la Universidad. *Bordon*, 60(3), 131–147. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2776967.pdf%0A>
- Folch, M. T., & Rodríguez Gómez, D. (2009). Conocer la cultura de la universidad contemporánea: el CICOU. *Revista Iberoamericana de Educación*, 49(1), 12. Retrieved from <http://rieoei.org/2797.htm>
- Fontana, W., & Ballati, S. (1999). Why the Sudden Fuss? *Complexity*, 4(3), 14–16.
- Forrester, J. W. (1971). Counterintuitive Behavior of Social Systems. *Technology Review*, 73(3), 52–68. Retrieved from <http://constitution.org/ps/cbss.htm>
- Fralinger, B., & Olson, V. (2007). Organizational Culture At The University Level: A Study Using The OCAI Instrument. *Journal of College Teaching & Learning*, 4(11), 85–98. Retrieved from <https://www.cluteinstitute.com/ojs/index.php/TLC/article/.../1508>
- Frank, K. A., & Fahrback, K. (1999). Organization Culture as a Complex System: Balance and Information in Models of Influence and Selection. *Organization Science*, 10(3), 253–277. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/238289318_Organization_Culture_as_a_Complex_System_Balance_and_Information_in_Models_of_Influence_and_Selection
- Franklin, B., & Bergerman, M. (2000). Cultural Algorithms: Concepts and Experiments, 8. <https://doi.org/10.1109/CEC.2000.870793> · S
- Fromm, J. (2004). *The Emergence of Complexity* (1a ed.). Munich: Kassel University Press. Retrieved from <http://www.uni-kassel.de/upress/online/frei/978-3-89958-069-3.volltext.frei.pdf>

- Fryer, P. (2001). What are Complex Adaptive Systems?. A brief description of Complex Adaptive Systems and Complexity Theory. Retrieved from <http://www.trojanmice.com/articles/complexadaptivesystems.htm>
- Funderburk, F. R. (2004). Organizational Culture from a Complex Dynamic Systems Perspective: Moving from Metaphor to Action Healthcare. *System Models of Organizational Behavior*, 1–8. Retrieved from <http://necsi.edu/events/iccs/openconf/author/papers/f183.pdf>
- Gabora, L. & Kaufman, S. (2010). Evolutionary Approaches to Creativity. *The Cambridge Handbook of Creativity*, 279–300. Retrieved from <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1106/1106.3386.pdf>
- Gabora, L. (2001). *Cognitive Mechanism Underlying the Origin and Evolution of Culture*. Free University, Bruselas, Bélgica. Retrieved from http://www.vub.ac.be/CLEA/liane/thesis_gabora.pdf
- Galam, S. (2002). Minority opinion spreading in random geometry. *Eur. Phys. J. B*, 25, 403–406. <https://doi.org/10.1140/epjb/e20020045>
- Gálvez Albarracín, E. J., & García Pérez de Lema, D. (2011). Cultura organizacional y rendimiento de las Mipymes de mediana y alta tecnología: un estudio empírico en Cali, Colombia. *Cuadernos de Administración. Pontificia Universidad Javeriana*, 24(42), 125–145. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20520042006>
- García-Valdecasas Medina, J. I. (2011). La simulación basada en agentes: una nueva forma de explorar los fenómenos sociales. *Reis*, 136, 91–110. <https://doi.org/10.5477/cis/reis.136.91>
- Geertz, C. (1973). *The Interpretation of Cultures*. New York, N. Y.: Basic Books, Inc., Publishers. Retrieved from https://monoskop.org/images/5/54/Geertz_Clifford_The_Interpretation_of_Cultures_Selected_Essays.pdf
- Geertz, C. (1989). El Impacto del Concepto de Cultura en el Concepto del Hombre, 14. Retrieved from <https://gsant.files.wordpress.com/2008/04/13471066-clifford-geertz-el-impacto-del-concepto-de-cultura-en-el-concepto-del-hombre.pdf>
- Geertz, C. (1993). Religion As a Cultural System, 87–125. Retrieved from https://isites.harvard.edu/.../Geertz_Religion_as_a_Cultural_System...%0A
- Gell-Mann, M. (1995). What is Complexity? *Complexity*, 1(1), 9. Retrieved from <http://complexity.martinsewell.com/Gell95.pdf>
- Gell-Mann, M. (1996). Let's Call it Plectics. *Complexity*, 1(5), 3. Retrieved from http://tuvalu.santafe.edu/~mgm/Site/Publications_files/MGM118.pdf
- Gell-Mann, M. (2007). *El Quark y el Jaguar: Aventuras de lo Simple y lo Complejo*. (T. Editores, Ed.) (6a ed.). Barcelona, España.
- Gershenson, C. (2015). Requisite variety, autopoiesis, and self-organization. *Kybernetes*, 44(67), 866–873. <https://doi.org/10.1108/K-01-2015-0001>
- Gessler, N. (1995). Ethnography of Artificial Culture: Specifications, Prospects, and Constraints. *Evolutionary Programming IV, Proceedings Of The Fourth Annual Conference On Evolutionary Programming*, 319–331. Retrieved from <https://people.duke.edu/~ng46/cv-pubs/95ethnoac.htm>
- Gessler, N. (2004). The Emergence of Reputation in Natural and Artificial Cultures. *A Workshop in Reputation in Agent Societies*, 7–16. Retrieved from <https://people.duke.edu/~ng46/cv->

pubs/04reputation.pdf

- Ghinea, V. M., & Bratianu, C. (2012). Organizational Culture Modeling. *Management & Marketing Challenges for the Knowledge Society*, 7(2), 257–276. Retrieved from <http://www.managementmarketing.ro/pdf/articole/266.pdf>
- Giddens, A. (2001). *Sociologia*. (Alianza, Ed.) (4a ed.). Madrid.
- Gilbert, N. (2008). The Idea of Agent-Based Modeling. In *Agent-Based Models* (1a., pp. 1–20). Thousand Oaks, California: Sage Publications, Inc. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/385f/2186ba0bc0449f50efead3fab24c7223b0d5.pdf>
- Gilbert, N., & Troist, K. G. (2006). *Simulacion para las Ciencias Sociales*. (José Manuel Cejudo, Ed.). Madrid: McGraw Hill Book Company.
- Giovannini, M.; Rosansky, L. (1990). *NAPA Bulletin, Number 9, Anthropology and Management Consulting: Forging a New Alliance*. (Wiley, Ed.). Retrieved from <http://www.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0913167371.html>
- Gleik, J. (1987). *Chaos: Making a New Science* (1a ed.). New York, N. Y.: Viking Penguin.
- Goetz, J. P., & LeCompte, M. D. (1988). *Etnografía y Diseño Cualitativo en Investigación Educativa*. Madrid: Ediciones Morata.
- Gold, A. (2001). Knowledge management: An organizational capabilities perspective. *Journal of Management* Retrieved from <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1289679.1289687>
- Gold, A. H., Malhotra, A., & Segars, A. H. (2001). Knowledge Management: An Organization Capabilities Perspective. *Journal Of Management Information Systems*, 18(1), 185–214. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/220591588_Knowledge_Management_An_Organizational_Capabilities_Perspective
- Goldstein, J. (1999). Emergence as a Construct: History and Issues. *EMERGENCE*, 1(1), 49–72. Retrieved from http://emergentpublications.com/ECO/ECO_papers/Issue1_1_3.pdf
- Gómez Rada, C. A. (2001). Diseño, Construcción y Validación de Tres Instrumentos Para Medir Clima Organizacional en Instituciones de Educación Superior Desde la Teoría de Respuesta al Item. *Cuadernos Hispanoamericanos de Psicología*, 1(2), 123–154. Retrieved from http://m.uelbosque.edu.co/sites/default/files/publicaciones/revistas/cuadernos_hispanoamericanos_psicologia/volumen1_numero2/articulo_10.pdf
- Gómez Rada, C. A. (2004). Diseño, construcción y validación de un instrumento que evalúa clima organizacional en empresas colombianas, desde la teoría de respuesta al ITEM. *Acta Colombiana de Psicología*, 11, 97–113. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=79801108>
- González, E. M. (2007). Fundamentos de Totalidad y Holismo en las Competencias para la Investigación. *Laurus*, 13(24), 338–354. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/761/76111485017.pdf>
- Gould, S. J. (1992). *La Flecha del Tiempo; Mitos y Metáforas en el Descubrimiento del Tiempo Geológico*. Madrid: Alianza Editorial S.A.
- Granoveter, M. S. (1973). The Stenght of Weak Ties. *American Journal of Sociology*, 78(6), 1360–1380. Retrieved from https://sociology.stanford.edu/sites/default/files/publications/the_strength_of_weak_ties_and_exch_w-gans.pdf

- Granovetter, M. (1978). Threshold Models of Collective Behavior. *The American Journal of Sociology*, 83(6), 1420–1443. Retrieved from https://sociology.stanford.edu/sites/default/files/publications/threshold_models_ajs_1978.pdf
- Gregory, K. L. (1983). Native-View Paradigms: Multiple Cultures and Culture Conflicts. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/2392247>
- Grobman, G. M. (2005). Complexity Theory: A New Way to Look At Organizational Change. *Public Administration Quarterly*, 29(3), 350–382. Retrieved from [http://www.complexityforum.com/members/Grobman 2005 Complexity theory.pdf](http://www.complexityforum.com/members/Grobman%202005%20Complexity%20theory.pdf)
- Gruoso Hinestroza, M. P. (2009). Escalas de medida de la cultura social y organizacional. *Visión General*, 8(2), 268–278. Retrieved from <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/visiongerencial/article/view/783/783>
- Guba, E. G. (1981). Criteria for Assessing the Trustworthiness of Naturalistic Inquiries. *ERIC/ECTJ Annual Review Paper*, 29(2), 75–91. Retrieved from <https://es.scribd.com/document/371515055/Guba-E-1981-Criteria-for-Assessing-the-Trustworthiness-of-Naturalistic-Inquiries>
- Guerrero, O. (2007). Acerca de la Cultura Administrativa. *Seminario de Cultura Mexicana. Anuario*, 0, 57–89. Retrieved from <http://www.omarguerrero.org/articulos/CulturaAdmva.pdf>
- Gul, S., & Khan, S. (2011). Revisiting Project Complexity: Towards a Comprehensive Model of Project Complexity. *2nd International Conference on Construction and Project Management IPEDR*, 15, 148–155. Retrieved from <http://www.ipedr.com/vol15/29-ICCPM2011A00052.pdf>
- Gupta, A., & Anish, S. (2015). Insights from Complexity Theory: Understanding Organizations Better. *Tejas Article*, 1–5. Retrieved from <http://writingcenter.georgetown.edu/wp-content/uploads/2015/09/insights-from-complexity-theory.pdf>
- Gutiérrez, P. M. (1999). El Sociograma como Instrumento que Desvela la Complejidad. *EMPIRIA. Revista de Metodología de Ciencias Sociales*, 2, 129–151. Retrieved from <http://revistas.uned.es/index.php/empiria/article/view/713/642>
- Hair Jr., J., & Others, &. (2005). *Multivariate Data Analysis* (6a ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, Inc.
- Hamill, L., & Gilbert, N. (2009). Social Circles: A Simple Structure for Agent-Based Social Network Models. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 12(23), 23. Retrieved from <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/2/3.html>
- Harper, T. J. (2012). *Agent Based Modeling and Simulation Framework For supply Chain Risk Management*. AIR UNIVERSITY. Retrieved from <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a557536.pdf>
- Harrison, J. R. (1999). The Concept of Simulation in Organizational Research, 23. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/dc5b/062010e21b6c041ac97688ffa293f14cf7bf.pdf>
- Harrison, J. R., Ling, Z., Carroll, G., & Carley, K. (2007). Simulation Modeling in Organizational and Management Research. *Academy of Management Review*, 32(4), 1229–1245. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/dc5b/062010e21b6c041ac97688ffa293f14cf7bf.pdf>

- Hatch, M. J. (1993). The Dynamics of Organizational Culture. *The Academy of Management Review*, 18(4), 657–693. <https://doi.org/10.2307/258594>
- Hatch, M. J. (1997). *Organization Theory. Modern, Symbolic, and Postmodern Perspectives*. New York, N. Y.: Oxford University Press.
- Hatch, M. J., & Cunliffe, A. (2006). *Organization Theory. Modern, Symbolic and Postmodern Perspectives* (2a ed.). New York, N. Y.: Oxford University Press.
- Hawking, S. (2000). What is Complexity? *Washington Center for Complexity & Public Policy*, 1–2. Retrieved from <http://www.complexsys.org/downloads/whatiscomplexity.pdf>
- Hellriegel, D., Jackson, S. E., & Slocum, J. W. (2005). *Administración. Un Enfoque Basado en Competencias* (10a ed.). Bogota, D.C.: International Thomson Editores S.A.
- Henrich, J., A., W., Boyd, R., McCabe, K., Gigerenzer, G., Young, H. P., & Ockenfels, A. (2001). What Is the Role of Culture in Bounded Rationality? *Bounded Rationality: The Adaptive Toolbox*, 343–359.
- Heylighen, F. (1996). What is complexity? Retrieved June 1, 2017, from <http://pespmc1.vub.ac.be/COMPLEXI.html>
- Heylighen, F., & Joslyn, C. (2001). Cybernetics and Second-Order Cybernetics. In R.A. Meyers (Ed.), *Encyclopedia of Physical Science & Technology* (3a ed., p. 24). New York, N. Y.: Academic Press. Retrieved from <http://pcp.vub.ac.be/Papers/Cybernetics-EPST.pdf>
- Hofstede, G. (1998). Identifying Organizational Subcultures: An empirical approach. *Journal of Management Studies*, 35(1), 1–12. <https://doi.org/10.1111/1467-6486.00081>
- Holland, J. H. (1995). *Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity* (1a ed.). New York, N. Y.: Basic Books.
- Holland, J. H. (1999). *Emergence: From Chaos to Order* (1a ed.). Cambridge, MA: Perseus Book Publishing LLC.
- Holowetzki, A. (2002). *The relationship between knowledge management and organizational culture: An examination of cultural factors that support the flow and management of knowledge within an organization*. University of Oregon. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/1e0c/3b2e1997bb20c7bd8ad3d11981a8145b4a82.pdf>
- Hooker, C. (2011). Introduction to Philosophy of Complex Systems. Part A: Towards a framework for complex systems. In C. Hooker (Ed.), *Philosophy of Complex Systems Handbook of the of Science Philosophy* (1a ed., pp. 3–90). Waltham, MA: North Holland - Elsevier. <https://doi.org/->
- Horgan, J. (1995). From Complexity to Perplexity. *Scientific American*, 272(6), 104–109. Retrieved from www.scientificamerican.com/article/from-complexity-to-perplexity
- Hosftede, G. (2001). *Culture Consequences. Comparing Values, Behaviors, Institutions and Organizations Across Nations* (2a ed.). London, UK: SAGE publications.
- Hotz, H. (2006). A Short Introduction to Game Theory, 22. Retrieved from https://www.theorie.physik.uni-muenchen.de/lsfrey/teaching/archiv/sose_06/softmatter/talks/Heiko_Hotz-Spieltheorie-Handout.pdf
- Howard, R. D., & Borland, K. W. (2002). *Balancing Qualitative and Quantitative Information for Effective Decision Support: New Directions for Institutional Research*. (Jossey-Bass,

- Ed.). Retrieved from <http://www.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0787957968.html>
- Ibáñez, J. (1991). *EL REGRESO DEL SUJETO La investigación social de segundo orden* (1a.). Santiago, Chile: Editorial Amerinda. Retrieved from https://www.academia.edu/4988619/EL_REGRESO_DEL_SUJETO_La_investigaci3n_social_de_segundo_orden
- Iivari, J., & Huisman, M. (2007). The Relationship Between Organizational Culture and the Deployment of Systems Development Methodologies, *31*(1), 35–58. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/b246/2471e71da5ac0893e77122ca0278284b283a.pdf>
- Ilgén, D. R., & Hulin, C. L. (2000). Introduction to Computational Modeling in Organizations. The Good that Modeling Does. In Daniel R. Ilgen; Charles L. Hulin (Ed.), *Computational Modeling of Behavior in Organizations. The Third Scientific Discipline* (1a ed., p. 309). Washington D.C.: American Psychological Association. Retrieved from <https://www.amazon.com/Computational-Modeling-Behavior-Organizations-Scientific/dp/1557986398>
- Jacobs, M. A. (2013). Complexity: Toward an empirical measure. *Technovation*, *33*, 111–118. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/257002819_Complexity_Toward_an_empirical_measure
- Jacobs, M. A., & Swink, M. (2011). Product portfolio architectural complexity and operational performance: Incorporating the roles of learning and fixed assets. *Journal of Operations Management*, *29*, 677–691. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/251545666_Product_portfolio_architectural_complexity_and_operational_performance_Incorporating_the_roles_of_learning_and_fixed_assets
- Johansen Bertoglio, O. (1993). *Introducción a la Teoría General de Sistemas* (1a ed.). Mexico D. F.: EDITORIAL LIMUSA, S.A. de C.V. Retrieved from https://www.academia.edu/8345344/1._Introduccion_a_la_Teoria_General_de_Sistemas_-_Oscar_Johansen
- Julve J., G., Planagumà L., P., & Trayter J., C. (2009). Innovación como Cambio Institucional: Una Aproximación Desde las Teorías de la Complejidad. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de La Empresa*, *15*(2), 93–104. Retrieved from <http://redaadem.org/articulos/iedee/v15/152093.pdf>
- Jung, T., Scott, T., Davies, H. T. O., Bower, P., Whalley, D., McNally, R., & Mannion, R. (2009). Instruments for Exploring Organizational Culture: A Review of the Literature. *Public Administration Review*, 1087–1’96. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6210.2009.02066.x>
- Kalil, H. K. (1996). *Non Linear Systems* (2a ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, Inc.
- Kamo, J., & Phillips, F. (1997). The Evolutionary Organization as a Complex Adaptive System. *Innovation in Technology Management - The Key to Global Leadership. PICMET ’97: Portland International Conference on Management and Technology*, 325–330. <https://doi.org/10.1109/PICMET.1997.653399>
- Kaneko, K. (2006). *Life: An Introduction to Complex Systems Biology* (1a ed.). New York, N. Y.: Springer-Verlag.

- Kappos, A. S., & Rivard, S. (2007). Cultural Interpretations from Multiple Perspectives: A Three-Perspective Theory of Culture, Information Systems and the Development and Use Processes. *Chaire de Gestion Stratégique de s Technologies de l'information*, 7(03). Retrieved from <http://neumann.hec.ca/chairegestionti/cahiers/cahier0703.pdf>
- Karahanna, E., Evaristo, J. R., & Srite, M. (2005). Levels of Culture and Individual Behavior: An Integrative Perspective. *Journal of Global Information Management*, 13(2), 1–20. <https://doi.org/10.4018/jgim.2005040101>
- Kauffman, S. (1993). *The Origins of Order* (1a ed.). New York, N. Y.: Oxford University Press.
- Kauffman, S. (1995). *At Home in the Universe*. (Oxford University, Ed.) (1a ed.). New York, N. Y.: Oxford University Press.
- Kauffman, S. (2003). *Investigaciones [Trad.]*. (Tusquets Editores S.A., Ed.) (1a ed.). Barcelona, España.
- Kauffman, S. (2014). Prolegomenon to patterns in evolution. *Biosystems*, 123, 3–8. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24704211>
- Kauffman, S. A., & Macready, W. G. (1995). Technological Evolution and Adaptive Organizations. *Complexity*, 1(2), 26–43. Retrieved from <https://sfi-edu.s3.amazonaws.com/sfi-edu/production/uploads/sfi-com/dev/uploads/filer/0c/18/0c18ecef-cadf-4ad5-926d-ecc3a56077cf/95-02-008.pdf>
- Kellert, S. H. (1993). *In The Wake of Chaos* (1a.). London, UK: The University of Chicago Press. Retrieved from [https://books.google.com.co/books?id=KtkgeB7XOYwC&pg=PR4&lpg=PR4&dq=Kellert,+Stephen+H.,+In+the+Wake+of+Chaos,+Chicago,+The+University+of+Chicago+Press,+1993,+p.+2.\)&source=bl&ots=ix3rwgwfpo&sig=X_jKfjx5jggRXYYY5s6lj3piqBw&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjcr9LD0OHY](https://books.google.com.co/books?id=KtkgeB7XOYwC&pg=PR4&lpg=PR4&dq=Kellert,+Stephen+H.,+In+the+Wake+of+Chaos,+Chicago,+The+University+of+Chicago+Press,+1993,+p.+2.)&source=bl&ots=ix3rwgwfpo&sig=X_jKfjx5jggRXYYY5s6lj3piqBw&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjcr9LD0OHY)
- Kenny, B., & Reedy, E. (2006). The Impact of Organisational Culture Factors on Innovation Levels in SMEs: An Empirical Investigation. *Irish Journal of Management*, 27(2), 119 – 142. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/265049086_Kenny_B_and_E_Reedy_2006_The_Impact_of_Organisational_Culture_Factors_on_Innovation_Levels_in_SMEs_An_Empirical_Investigation_Irish_Journal_of_Management_Blackhall_Publishers_Ireland_Vol_27_No_2_119_-_
- Kernick, D. (2004). Organizational Culture and Complexity. In D. Kernick (Ed.), *Complexity and Healthcare Organization: A view from the street* (1a ed., pp. 105–115). Abingdon, UK: Radcliffe Medical Press. Retrieved from http://books.google.co.in/books/about/Complexity_and_Healthcare_Organization.html?id=j6atix0PpFUC
- Ketterer, J. J. (2006). Chaos and Complexity: The Uses of Foremost Metaphor of the New Millenium. *Jacksonville State University, Alabama USA. International Management Review Vol 2, No. 3*. Retrieved from <http://www.usimr.org/IMR-3-2006/Chaos and Complexity--The Uses of the Foremost Metaphor of the New Millennium.pdf>
- Kezar, A., & Eckel, P. D. (2002). The Effect of Organizational Culture on Change Startegies in Higher Education: Universal Principles of Responsive Concepts? *The Journal of Higher Education*, 37(4), 435–460. Retrieved from https://www.academia.edu/477526/The_effect_of_institutional_culture_on_change_strategi

- es_in_higher_education_universal_principles_or_culturally_responsive_concepts
- Kim, J. (2014). El fisicalismo no reduccionista y su problema con la causalidad mental. *Ideas y Valores*, 63(155), 235–259. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/809/80931523011.pdf>
- Kockesen, L., & Ok, E. A. (2008). *An Introduction to Game Theory* (1a ed.). Retrieved from <http://home.ku.edu.tr/~lkockesen/teaching/econ333/lectnotes/uggame.pdf>
- Kozlowski, S. W. J., Chao, G. T., Grand, J. A., Braun, M. T., & Kuljanin, G. (2013). Advancing Multilevel Research Design: Capturing the Dynamics of Emergence. *Organizational Research Methods*, 16(4), 581–615. <https://doi.org/10.1177/1094428113493119>
- Krefting, L. (1991). Rigor in Qualitative Research. *The American Journal of Occupational Therapy*, 45(3), 214–222. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/643c/6521f1e78e395313cbe3cddb285b3e16c9fa.pdf>
- Krippendorff, K. (1986). Principia Cybernetica Web. Retrieved from pespmc1.vub.ac.be/ASC/CULTURE.html
- Kroeber, A. L., & Kluckhohn, C. (1952). *Culture a Critical Review of Concepts and Definitions* (1a.). Cambridge, MA: Peabody Museum of American Archeology and Ethnology, Harvard University. Retrieved from <http://www.pseudology.org/Psychology/CultureCriticalReview1952a.pdf>
- Kwan, P., & Walter, A. (2004). Validating the Competing Values as a Representation of Organizational Culture Through Inter-Institutional Comparisons. *Organizational Analysis*, 12(1), 21–37. Retrieved from <http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/eb028984>
- Ladyman, J., & Lambert, J. (2012). What is a Complex System? (pp. 1–39). University of Bristol, U.K. Retrieved from <http://philsci-archive.pitt.edu/9044/4/LLWultimate.pdf>
- Laguna, R. (2016). De la máquina al mecanicismo. Breve historia de la construcción de un paradigma explicativo. *Rev. Colomb. Filos. Cienc*, 16(32), 57–71. Retrieved from https://www.academia.edu/28411811/De_la_máquina_al_mecanicismo._Breve_historia_de_la_construcción_de_un_paradigma_explicativo
- Lam, A. (2010). What motivates academic scientists to engage in research commercialization: 'gold', 'ribbon' or 'puzzle'? *Research Policy*, 40(10), 1354–1368. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733311001703>
- Langton, C. G. (1988). What is Artificial Life? *Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity Proceedings*, 1–47. Retrieved from https://ia600809.us.archive.org/32/items/ArtificialLife_201708/ArtificialLife.pdf
- Laszlo, E. (2002). *The System View of The World: A Holistic Vision for Our Time*. (Alfonso Montuori, Ed.) (4a.). Creskill, NJ: Hampton Press Inc.
- Lehman, D. R., Chiu, C., & Schaller, M. (2004). Psychology and Culture. *Annu. Rev. Psycho*, 55(1), 689–714. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/8902779_Psychology_and_Culture
- Levy, A., & Maaravi, Y. (2017). The boomerang effect of psychological interventions. *Social Influence*, 14. Retrieved from 10.1080/15534510.2017.1421571
- Levy, D. (1994). Chaos Theory and Strategy: Theory, Application, and Managerial Implications. *Strategic Management Journal*, 15, 167–178. Retrieved from https://www.academia.edu/947922/Chaos_Theory_and_Strategy_Theory_Application_and_

Managerial_Implications

- Levy, S. (1992). *Artificial Life* (1a ed.). New York, N. Y.: Penguin Books.
- Lewin, R. (1999). *Complexity: Life at the Edge of Chaos*. (The University of Chicago, Ed.) (2a ed.). Chicago: Macmillan.
- Lewin, R., & Regine, B. (2002). Complexity in Human Terms. In M. R. Lissack (Ed.), *The interaction of Complexity and Mangement* (1a ed., pp. 21–42). Wesport, CT: Quorum Books.
- Lincoln, J. R., & Guillot, D. (2004). *Durkheim and Organizational Culture* (No. 108-04) (Vol. 108). Berkley, CA. Retrieved from <http://irle.berkeley.edu/files/2004/Durkheim-and-Organizational-Culture.pdf>
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (2002). From Generalizations to Extrapolations and Transferability. In *Qualitative Research and Evaluation Methods* (3a ed., p. 581-). London, UK: SAGE Ltd.
- Linstead, S., & Grafton-Small, R. (1992). On Reading Organizational Culture. *Organization Studies*, 13(3), 331–355. <https://doi.org/10.1177/017084069201300302>
- Lissack, M. (2002). The Role of Language. In Michael R. Lissack (Ed.), *The Interaction of Complexity and Management* (pp. 53–59). Quorum Books.
- Lissack, M. R. (1999). Complexity and Management: It is More than Jergon. In M. R. Lissack & H. P. Gunz (Eds.), *Managing Complexity in Organizations* (1a ed., pp. 12–28). Westport, CT: Quorum Books.
- Lloyd, S. (2001). Measures of Complexity a non-exhaustive list. *IEEE Control Systems Magazine*. Retrieved from <http://web.mit.edu/esd.83/www/notebook/Complexity.PDF>
- Loffredo D'Ottaviano, I. M. (2010). Non Classical Logics and Applications. In E. U. del Rosario (Ed.), *Fronteras de la Ciencia y la Complejidad* (1a ed., pp. 79–98). Bogotá D.C.: Carlos Eduardo Maldonado.
- López-Paredes, A., & Pavon, J. (2009). Agent Based Simulation for the Study of Complex Social Systems. *Economy Informatics*, 9(1), 22–28. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/228987043_Agent_Based_Simulation_for_the_Study_of_Complex_Social_Systems
- Lorentz, E. N. (1963). Deterministic Nonperiodic Flow. *Journal of the Atmosferic Sciences*, 20, 130–141. Retrieved from <https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0469%281963%29020%3C0130%3ADNF%3E2.0.CO%3B2>
- Lorentz, E. N. (1972). Predictability: Does the Flap of a Butterfly's Wings in Brazil Set Off a Tornado in Texas? *Hvad Er Matematik? B, i-Bog*, 1–3. Retrieved from http://static.gymportalen.dk/sites/lru.dk/files/lru/132_kap6_lorenz_artikel_the_butterfly_effect.pdf
- Luhmann, N. (1995). *Social Systems*. Stanford, CA: Stanford University Press.
- Lynch Benegas, A. (2009). Positivismo Metodológico y Determinismo Físico. *Anales de La Academia Nacional de Ciencias Morales y Políticas*. Retrieved from <https://www.ancmyp.org.ar/user/files/01Benegas.pdf>
- Maanen, J. V., & Barley, S. R. (1985). Cultural Organization: Fragments of a Theory. *Organizational Culture*, 31–53.
- Maanen, V., & Barley, S. R. (1982). *Ocupational communities: Culture and Control in*

- Organizations*. Cambridge, MA. Retrieved from <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a122826.pdf>
- Macal, C. (2006). *Introduction to Modeling. Workshop on "What Are National Security Threats?"* The University of Chicago and Argonne National Laboratory. Chicago, IL. Retrieved from <http://studylib.net/doc/10070407/model---the-joint-threat-anticipation-center>
- Macy, M. W., Kitts, J. A., & Flache, A. (2003). Polarization in Dynamic Networks: A Hopfield Model of Emergent Structure. In *Dynamic Social Network Modeling and Analysis: Workshop Summary and Papers* (1a ed., pp. 162–178). Washington D.C.: The National Academies Press. Retrieved from <http://nap.edu/10735>
- Macy, M. W., & Willer, R. (2002). From Factors to Actors: Computational Sociology and Agent-Based Modeling. *Annual Reviews of Sociology*, 28, 143–166. <https://doi.org/10.1146/annurev.soc.28.110601.141117>
- Maguire, S., McKelvey, B., Mirabeau, L., & Oztas, N. (2006). Complexity Sciences and Organization Studies. In Clegg S.; Hardy C.; Lawrence T.; Nord W. (Ed.), *The Sage Handbook of Organization Studies* (2a ed., pp. 165–214). London, UK: Sage Publications Ltd.
- Maimone, F., & Mormino, S. (2012). Organizational Cultures: Toward a Complex Approach for Understanding of Cultures in Postmodern Organizations. Retrieved from <http://ijm.cgpublisher.com/product/pub.28/prod.1415>
- Mainzer, K. (2007). *Thinking in Complexity: The Complex Dynamics of Matter, Mind and Mankind* (5a ed.). New York, N. Y.: Springer, Berlin Heidelberg.
- Maldonado, C. E. (2001). *Contrapuntos de Investigación*. (U. El Bosque, Ed.) (1a ed.). Bogota, D.C.: Ediciones El Bosque. Retrieved from http://www.bioeticaunbosque.edu.co/publicaciones/biosyethos/Bios_Ethos_16.pdf
- Maldonado, C. E. (2001). Esbozo de una Filosofía del la Lógica de la Complejidad. In Carlos E. Maldonado (Ed.), *Visiones Sobre la Complejidad* (2a ed., p. 258). Bogota, D.C.: Ediciones El Bosque.
- Maldonado, C. E. (2003). Marco teórico del trabajo en Ciencias de la Complejidad y siete tesis sobre la Complejidad. *Revista Colombiana de Filosofía de La Ciencia*, 4(9), 139–154. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41400904>
- Maldonado, C. E. (2005). Ciencias de la Complejidad, Ciencias de los Cambios Súbitos. *ODEON*, 2, 40. Retrieved from https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1776141
- Maldonado, C. E. (2006). Teoría de las Catástrofes y Teoría Financiera. *Odeon*, 003, 55–74. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/532/53200304.pdf>
- Maldonado, C. E. (2007). El Problema de una Teoría General de la Complejidad. In Universidad Externado de Colombia (Ed.), *Complejidad: Ciencia, Pensamiento y Aplicaciones* (1a ed., pp. 101–132). Bogota, D.C.: Lito Camargo Ltda.
- Maldonado, C. E. (2009). La complejidad es un problema, no una cosmovisión. In Jorge Alberto Forero Santos (Ed.), *Revista de Investigaciones U.C.M.* (Vol. 13, pp. 42–54). Manizales, Colombia: Universidad Católica de Manizales.
- Maldonado, C. E. (2011). *Temodinámica y Complejidad*. (Editorial Linotipia, Ed.) (1a ed.).

- Bogotá D.C.: Ediciones desde Abajo.
- Maldonado, C. E. (2012a). ¿Qué son las ciencias de la complejidad? In *Derivas de Complejidad. Fundamentos científicos y filosóficos* (1a ed., pp. 7–102). Bogotá, D. C.: Editorial Universidad del Rosario. Retrieved from <http://www.carlosmaldonado.org/articulos/Filosofía de la ciencia de la complejidad.pdf>
- Maldonado, C. E. (2012b). Complejidad de las Ciencias Sociales. Las Contribuciones de la Antropología. *Jangwa Pana*, 11, 10–26. Retrieved from <http://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/jangwapana/article/view/786/724>
- Maldonado, C. E. (2012c). La Complejidad en la Dirección de las Organizaciones, hoy. *Primer Encuentro Regional de Investigación En Estudios Sociales*, 1–11. Retrieved from https://www.academia.edu/10077301/LA_COMPLEJIDAD_EN_LA_DIRECCIÓN_DE_LAS_ORGANIZACIONES_HOY
- Maldonado, C. E. (2013a). *Derivas de Complejidad: Ciencias Sociales y Tecnologías Convergentes*. (Carlos Eduardo Maldonado, Ed.) (1a ed.). Bogota D.C.: Editorial Universidad del Rosario.
- Maldonado, C. E. (2013b). *Significado e impacto social de las ciencias de la complejidad* (1a ed.). Bogota, D.C.: Ediciones desde abajo. Retrieved from <http://www.carlosmaldonado.org/articulos/Significado e impacto social de las ciencias de la complejidad.pdf>
- Maldonado, C. E. (2014). ¿Qué es un Sistema Complejo? *Revista Colombiana de Filosofía de La Ciencia*, 14, 87–93. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41438646004>
- Maldonado, C. E. (2015). Pensar la Complejidad, Pensar como Síntesis. *Cinta Moebio*, 54, 313–324. Retrieved from www.moebio.uchile.cl/54/maldonado.html
- Maldonado, C. E. (2016). *Complejidad de las ciencias sociales. Y de otras ciencias y disciplinas*. (Ediciones desde abajo, Ed.), *Ciencia y Sociedad* (1a ed.). Bogota, D.C.: Difundir Ltda. Retrieved from <https://www.desdeabajo.info/fondo-editorial/item/29166-complejidad-de-las-ciencias-sociales-y-de-otras-ciencias-y-disciplinas.html>
- Maldonado, C. E. (2016a). Los Sistemas Humanos son los de Mayor Complejidad. Una Demostración. Retrieved from <http://www.eldiplo.info/portal/index.php/1851/item/1094-los-sistemas-humanos-son-los-de-mayor-complejidad-una-demostración>
- Maldonado, C. E. (2016b). Pensar la complejidad con ayuda de las lógicas no-clásicas. In L. Zoya (Ed.), *La emergencia de los enfoques de la complejidad en América Latina - Tomo* (1a ed., pp. 83–98). Buenos Aires, Argentina: Comunidad Editora Latinoamericana. Retrieved from <http://comunidadeditora.org/libro-la-emergencia-de-los-enfoques-de-la-complejidad/>
- Maldonado, C. E., & Gómez C., N. (2010). *Modelamiento y Simulación de Sistemas Complejos*. (Editorial Universidad del Rosario, Ed.), *Documentos de Investigación. Facultad de Administración. Universidad del Rosario* (1a ed.). Bogota, D.C. Retrieved from http://www.urosario.edu.co/urosario_files/ea/ea054664-0843-4424-a8a4-0eaeecd99c4c.pdf
- Maldonado, C. E., & Gómez C., N. (2011). *El Mundo de las Ciencias de la Complejidad: Una investigación Sobre que Son, Su Desarrollo y Posibilidades*. (C. E. Maldonado & N. Gomez Cruz, Eds.) (1a ed.). Bogotá D.C.: Editorial Universidad Colegio Mayor Nuestra Señora del Rosario.
- Malinowski, B. (1984). *Una Teoría Científica de la Cultura*. Barcelona: Edhasa.

- Mandelbrot, B. (2009). *La Geometria Fractal de la Naturaleza*. (Tusquets Editores, Ed.) (3a ed.). Barcelona, España.
- March-Chorda, I., & Moser, J. (2010). *How Organisational Culture Affects Innovation in Large Sized ICT Firms: A Pilot Study*. Valencia, España. Retrieved from http://www2.warwick.ac.uk/fac/soc/wbs/conf/olkc/archive/olkc6/papers/id_268.pdf
- March, J. G. (1994). Ambiguity and Interpretation. In *A Primer on Decision Making: How Decisions Happen* (1a., p. 289). New York, N. Y.: Free Press. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=cFagB2qj2jwC&pg=PT3&dq=0029200350&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiqycG7wfbZAhVF11MKHfIoARwQ6AEILjAB#v=onepage&q=0029200350&f=false>
- Marion, R., & Uhl-Bien, M. (2001). Leadership in Complex Organizations. *The Leadership Quarterly*, 12(4), 389–418. [https://doi.org/10.1016/S1048-9843\(01\)00092-3](https://doi.org/10.1016/S1048-9843(01)00092-3)
- Martin, J. (1992). *Cultures in Organizations: Three Perspectives* (1a ed.). New York, N. Y.: Oxford University Press.
- Martin, J. (2002). *Organizational Culture: Mapping the Terrain* (1a ed.). Thousand Oaks, California: SAGE publications.
- Martin, J., & Siehl, C. (1983). Organizational Culture and Counterculture: An Uneasy Symbiosis. *Organizational Dynamics*, 12(2), 52–64. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0090261683900335>
- Martínez Díaz, R., & Zapata Domínguez, A. (2013). Las ciencias sociales y los dispositivos de la complejidad. *Cuadernos de Administración / Universidad Del Valle*, 29(50), 124–131. Retrieved from <http://cuadernosdeadministracion.univalle.edu.co/index.php/cuadernosadmin/article/view/2260>
- Martins, E. C., & Terblanche, F. (2003). Building Organisational Culture that Stimulates Creativity and Innovation. *European Journal of Innovation Management*, 6, 64–74. <https://doi.org/10.1108/14601060310456337>
- Mäs, M., Flache, A., & Helbing, D. (2010). Individualization as Driving Force of Clustering Phenomena in Humans. *PLoS Comput Biol*, 6(10), 1–8. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1000959>
- Mäs, M., Flache, A., & Kitts, J. A. (2014). Cultural Integration and Differentiation in Groups and Organizations. *Perspectives on Culture and Agent-Based Simulations: Integrating Cultures*, 71–90. Retrieved from <http://www.jameskitts.com/pubs/paperintegration.pdf>
- Masland, A. T. (1985). Organizational Culture in the Study of Higher Education. *The Review of Higher Education*, 8(2), 157–168. <https://doi.org/10.1353/rhe.1985.0026>
- Mateos, de C. R., Olmedo Fernandez, E., & Valderas Jaramilo, J. M. (2002). The New Complex Perspective in Economic Analysis and Business Management. *EMERGENCE*, 4(1/2), 147–163. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Elena_Olmedo/publication/232823301_The_New_Complex_Perspective_in_Economic_Analysis_and_Business_Management/links/02e7e5255403e52d18000000.pdf#page=149
- Mayo, E. (1972). *Problemas humanos de una civilizacion industrial*. Buenos Aires, Argentina: Nueva Vision.

- Mayowa, A. G. (2006). Impact of Organizational Culture on Performances of Universities, 16. Retrieved from http://eprints.covenantuniversity.edu.ng:81/459/1/Impact_of_organizational_culture_on_the_performances_of_universities_in_Nigeria.pdf
- Mazutis, D., & Slawinski, N. (2008). Leading Organizational Learning Through Authentic Dialogue. *Management Learning*, 39(4), 437–456. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/247748541_Leading_Organizational_Learning_Through_Authentic_Dialogue
- McCabe, V. (2014). *Coming to Our Senses: Perceiving Complexity to Avoid Catastrophes* (1a ed.). New York, N. Y.: Oxford University Press.
- McDaniel Jr., R. R. (2007a). Management Strategies for Complex Adaptive Systems. Sensemaking, Learning, and Improvisation. *Performance Improvement Quarterly*, 20(2), 21. Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1937-8327.2007.tb00438.x/abstract>
- McDaniel Jr., R. R. (2007b). Management Strategies for Complex Adaptive Systems. Sensemaking, Learning, and Improvisation. *Performance Improvement Quarterly*, 20(2), 21–42. Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1937-8327.2007.tb00438.x/abstract>
- McDaniel Jr., R. R., & Driebe, D. J. (2005). Uncertainty and Surprise: An Introduction. In *Uncertainty and Surprise in Complex Systems* (1a., pp. 3–11). Springer Berlin Heidelberg. Retrieved from https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F10948637_1
- McKelvey, B. (1999). Complexity Theory in Organization Science: Seizing the Promise or Becoming a Fad? *Emergence*, 1(1), 8–32. Retrieved from [http://www.billmckelvey.org/documents/1999_McKelvey\(99-1-1\)-Complexity_Theory...Seizing_the_Promise_or_Fad.pdf](http://www.billmckelvey.org/documents/1999_McKelvey(99-1-1)-Complexity_Theory...Seizing_the_Promise_or_Fad.pdf)
- McKelvey, B. (2002). Complexity and Leadership. In M. Lissack (Ed.), *The interaction of Complexity and Management* (1a ed., pp. 85–100). Westport, CT: Quorum Books.
- McPherson, M., Smith-Lovin, L., & Cook, J. M. (2001). Birds of a Feather: Homophily in Social Networks. *Annu. Rev. Sociol.*, 27, 415–444. Retrieved from <http://aris.ss.uci.edu/~lin/52.pdf>
- McQuade, T. J., & Butos, W. N. (2009). The Adaptive Systems Theory of Social Orders. In *Studies in Emergent Order* (pp. 76–108). Retrieved from http://tmtfree.hd.free.fr/albums/files/TMTisFree/Documents/Economy/SIEO/sieo_2_2009_mcquadebutos.pdf
- Méndez, C. E. (2006). *Clima Organizacional en Colombia. El IMCOC: un método de análisis para su intervención* (1a ed.). Bogotá D.C.: Centro Editorial Universidad del Rosario. Retrieved from <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/914/clima?sequence=1>
- Méndez, J. A. (2017). *Relaciones entre los salarios y la productividad en Colombia* (1a ed.). Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales FLACSO Ecuador. Retrieved from <http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/11658/2/TFLACSO-2017JAMS.pdf>
- Merino-Soto, C., & Salas-Blas, E. (2016). Estructura de las Motivaciones y Dificultades Percibidas para la Investigación entre los Docentes Universitarios: Estudio Preliminar. *Revista Interamericana de Psicología/Interamerican Journal of Psychology (IJP)*, 50(2),

- 161–169. Retrieved from <https://journal.sipsych.org/index.php/IJP/article/view/34/pdf>
- Meyerson, D. E. (1991). Normal Ambiguity? a Glimpse of an Occupational Culture. In *Reframing Organizational Culture* (1a ed., pp. 131–144). New Bury Park, California: SAGE publications.
- Miceli, J. E., Guerrero, S. G., Quinteros, R. A., Mariano, D. D., & Mora Castro, J. K. (2006). Teorías de la Complejidad y el Caos en Ciencias Sociales. Modelos Basados en Agentes y Sociedades Artificiales. Retrieved from http://revista-redes.rediris.es/webredes/arsrosario/06-Miceli_y_otros.pdf
- Mikulecky, D. C. (2006). Complexity Science as an Aspect of the Complexity Science. *Worldviews, Science and Us: Philosophy and Complexity*, 23. Retrieved from <http://www.people.vcu.edu/~mikuleck/Mikulcky.pdf>
- Miller, J. H., & Page, S. E. (2007). *Complex Adaptive Systems: An Introduction to Computational Models of Social Life* (1a ed.). New Jersey: Princeton University Press. Retrieved from <https://muse.jhu.edu/book/31093>
- Millington, M. J., & Schultz, J. C. (2009). The Challenge of Organizational Culture in Quality Assurance Implementation. *Journal of Rehabilitation Administration*, 33(2), 121–130. Retrieved from http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1201&context=sped_facpub
- Mintrom, M. (2008). Managing the Research Function of the University: Pressures and Dilemmas. *Journal of Higher Education Policy and Management*. Retrieved from https://www.academia.edu/4333726/Managing_the_Research_Function_of_the_University_Pressures_and_Dilemmas
- Mitchel, M. (2009). *Complexity. A Guided Tour* (1a ed.). New York, N. Y.: Oxford University Press.
- Mitleton-Kelly, E. (2003a). Complexity Research – Approaches and Methods: The LSE Complexity Group Integrated Methodology. In A. Keskinen, M. Aaltonen, & E. Mitleton-Kelly (Eds.), *Organisational Complexity* (1a ed., pp. 56–77). Helsinki: Finland Futures Research Centre (FFRC). Turku School of Economics and Business Administration.
- Mitleton-Kelly, E. (2003b). Ten Principles of Complexity and Enabling Infrastructures. In *Complex Systems and Evolutionary Perspectives of Organizations: the Application of Complexity Theory to Organisations* (1a ed., p. 35). London, UK: London School of Economics. Retrieved from http://www.casa.ucl.ac.uk/ecid/EMK_The_Principles_of_Complexity.pdf
- Mitleton-Kelly, E., & Land, F. (2004). Complexity & Information Systems. *Blackwell Encyclopaedia of Management - Volume on Management Information Systems*, 17. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/38959094_Complexity_information_systems?enrichId=rgreq-40e8b399045be44524d73caf127c0ac0-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzM4OTU5MDk0O0FTOjEwMTUwNDUxODE5NzI1N0AxNDIxMjExOTcxNTE4&el=1_x_3&_esc=publicationCoverPdf
- Molina, J. L. (2000). *El Análisis de Redes Sociales. Aplicaciones al Estudio de la Cultura en las Organizaciones*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Molina, J. L. (2004). La Ciencia de las Redes. *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, 11. Retrieved

- from <http://revista-redes.rediris.es/recerca/jlm/ars/ciencia.pdf>
- Morgan, G. (2007). *Images of Organization* (Edición ac). Thousand Oaks, California: Sage Publications, Inc.
- Morin, E. (1995). *Introducción al Pensamiento Complejo*. Gedisa, España. Retrieved from <https://es.slideshare.net/FranciscoParra30/introduccion-al-pensamiento-complejo-edgar-morin-59556185>
- Morris, A., Ross, W., Hosseini, H., & Ulieru, M. (2010). Modelling Culture with Complex, Multi-dimensional, Multi-agent Systems. *Adaptive Risk Management Lab Faculty of Computer Science*, 20. Retrieved from http://theimpactinstitute.org/Publications/armlab_culture_chapter_311210.pdf
- Morris, A., Ross, W., Hosseini, H., & Ulieru, M. (2014). Modelling Culture with Complex, Multi-dimensional, Multi-agent Systems. In Frank Dignum and Virginia Dignum (Ed.), *Perspectives on Culture and Agent-based Simulations* (1a., pp. 13–30). New York, N. Y.: Springer Berlin Heidelberg. Retrieved from http://forma.culturadigital.cc/pages/resources/perspectives_on_culture_and_agent-based_simulations.pdf#page=19
- Morris, A., Ross, W., & Ulieru, M. (2011). Modelling Culture in Multi-agent Organizations, 16. Retrieved from <http://www.theimpactinstitute.org/Publications/ample-submission-10.pdf>
- Munné, F. (2005). ¿Qué es la complejidad? What's complexity?, 19. Retrieved from <https://eleuterioprado.files.wordpress.com/2010/07/baixar-artigo-3.pdf>
- Näslund, B. (1964). Organizational Slack. *The Scandinavian Journal of Economics*, 66(1), 26–31. <https://doi.org/10.2307/3438856>
- Navarro Cid, J. (2000). Gestión de Organizaciones: Gestión del Caos. *Dirección y Organización*, 23, 136–145. Retrieved from <http://www.revistadyo.com/index.php/dyo/article/view/265/265>
- Navarro Cid, J. (2001). *Las Organizaciones Como Sistemas Abiertos Alejados del Equilibrio*. Universidad de Barcelona. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/262562333_Navarro_J_2001_Las_Organizaciones_como_Sistemas_Abiertos_Alejados_del_Equilibrio
- Navarro Cid, J. (2005). La Psicología Social de las Organizaciones Desde la Perspectiva de la Complejidad: Revisión y Estado Actual de Una Relación Prometedora. *Encuentros de Psicología Social*, 3(2), 78–87. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/271472189_La_Psicologia_Social_de_las_Organizaciones_desde_la_perspectiva_de_la_complejidad_Revision_y_estado_actual_de_una_relacion_prometedora
- Newman, M. E. J. (2003). The Structure and Function of Complex Networks. *Society for Industrial and Applied Mathematics*, 45(2), 167–256. Retrieved from <http://epubs.siam.org/doi/pdf/10.1137/S003614450342480>
- Ng'ang'a, M. J., & Nyongesa, W. J. (2012). The Impact of Organisational Culture on Performance of Educational Institutions. *International Journal of Business and Social Science*, 3(8), 211–217. Retrieved from http://ijbssnet.com/journals/Vol_3_No_8_Special_Issue_April_2012/24.pdf
- Nicolis, G., & Prigogine, I. (1987). *La Estructura de lo Complejo. En el Camino Hacia Una*

- Nueva Comprensión de las Ciencias*. Madrid: Alianza Editorial S.A.
- Nienaber, R. C., & Barnard, A. (2007). A Generic Agent Framework to Support the Various Software Project Management Processes. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management*, 2. Retrieved from <http://www.ijikm.org/Volume2/IJIKMv2p149-162Nienaber205.pdf>
- Nilsson, N. J. (2001). *Inteligencia Artificial: Una Nueva Sintesis*. (McGraw Hill, Ed.) (1a. Trad.). Madrid: Morgan Kaufman Publishers.
- Niraula, R., Kusayanagi, S., & Shima, H. (2012). Changing Organizational Culture of University in a Least Developed Country, 7. Retrieved from <https://ssms.jp/wp-content/uploads/2015/03/2008-2-2-3-7-CHANGING-ORGANIZATIONAL-CULTURE-OF-UNIVERSITY-IN-A.pdf>
- Nonaka, I. (1988). Creating Organizational Order Out of Chaos: Self Renewal in Japanese Firms. *Strategy and Organization*, 57–73. Retrieved from <https://ai.wu.ac.at/~kaiser/birgit/Nonaka-Papers/Creating-Organizational-order-out-of-chaos.Self-renewal-2001.pdf>
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge Creating Company: How Japanesse Companies Create The Dynamics of Innovation*. New York, N. Y.: Oxford University Press.
- North, M. J., & Macal, C. M. (2007). Tutorial on Agent-based Modeling and Simulation. In *75th Military Operations Research Society Symposium (MORSS)* (p. 60). Annapolis, MD: US Naval Academy.
- North, M., & Macal, C. (2007). *Managing Business Complexity* (1a ed.). New York, N. Y.: Oxford University Press.
- Obolensky, N. (2010). *Complex Adaptive Leadership: Embracing Paradox and Uncertainty* (1a ed.). Wey Court East: Gower Publishing Limited.
- Obolensky, N. (2014). *Complex Adaptive Leadership* (2a ed.). Gower Publishing Limited. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=sD7jBAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Olivares Ceja, J. M. (2002). *Un Modelo de Interaccion entre Agentes con Proposito, Ontologias Mixtas y Eventos Inesperados*. Instituto Politécnico Nacional. Retrieved from <http://www.saber.cic.ipn.mx/cake/SABERsvn/trunk/Repositorios/webVerArchivo/286/3>
- Olmedo, E. (2010). Complexity and Chaos in Organisations: Complex Management. *Int. J. Complexity in Leadership and Management*, 1(1), 72–82. <https://doi.org/10.1504/IJCLM.2010.03579>
- Oportus V., E. (2012). *Uso de Técnicas de Inteligencia Artificial Para la Distribución de Alumnos en Una Sala de Clases*. Universidad de Concepción. Retrieved from <http://alertate.com/educacion/agresividad/index.html>
- Ouchi, W. G. (1981). *Theory Z: How American Business can meet the Japanese Challenge*. Addison Wesley Publishing.
- Overman, E. S. (1996). The New Science of Management: Chaos and Quantum Theory and Method. *Journal of Public Administration Research and Theory: J-PART*, 6(1), 75–89. Retrieved from https://www.jstor.org/stable/1181623?seq=1#page_scan_tab_contents
- Palmberg, K. (2009). Complex Adaptive Systems as Metaphors for Organizational Management. *The Learning Organization*, 16(6), 483–498. Retrieved from

- <https://doi.org/10.1108/09696470910993954>
- Parisi, D., Cecconi, F., & Natale, F. (2003). Cultural change in spatial environments: the role of cultural assimilation and of internal changes in cultures. *Journal of Conflict Resolution*, 47, 163–179. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/242400754_Cultures_Cultural_Change_in_Spatial_Environments_The_Role_Of_Cultural_Assimilation_And_Internal_Changes_In
- Parker, D., & Stacey, R. (1994). *Chaos, Management and Economy. The Implications of Non Linear Thinking*. IEA. The Institute of Economic Affairs. London, UK: Profile Books Limited. Retrieved from <https://iea.org.uk/wp-content/uploads/2016/07/upldbook89pdf.pdf>
- Parker, D., & Stacey, R. (1996). Caos, Administración y Economía: Las implicancias de un pensamiento no lineal. *Revista Libertas* 24 (Mayo 1996), 79. Retrieved from http://www.eseade.edu.ar/files/Libertas/21_5_Parker_y_Stacey.pdf
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative Research and Evaluation Methods* (3ra ed.). London, UK: Sage Publications Ltd.
- Peña, L. (1993). *Introducción a las Lógicas No Clásicas* (1a ed.). Mexico D. F.: Instituto de Investigaciones Filosóficas.
- Pérez Uribe, R. (2007). Estructura y cultura organizacional en la Pyme Colombiana: Análisis en empresas Bogotanas. *Cuadernos de Administración. Universidad Del Valle*, 38, 73–85. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225020358005>
- Peters, T. J. ., & Waterman Jr., R. H. (1982). *In Search of Excellence* (1a ed.). New York: Harper and Row (1982), Editorial Norma (trad.) 1984.
- Pham, D. T., & Liu, X. (1995). *Neural Networks for Identification, Prediction and Control* (1a.). London, UK: Springer-Verlag.
- Phelan, S. (2002). Complexity and Management. In Michael R. Lissack (Ed.), *The Interaction Of Complexity and Management* (1a ed., p. 311). Wesport, CT: Quorum Books.
- Phelan, S. E. (1999). A Note on the Correspondence Between Complexity and Systems Theory. *Systemic Practice and Action Research*, 12(3), 237–246. <https://doi.org/10.1023/A:1022495500485>
- Plowman, D. A., Solansky, S., Beck, T. E., Baker, L., Kulkarni, M., & Travis, D. V. (2007). The Role of Leadership in Emergent, Self-organization. *The Leadership Quarterly*, 18(4), 341–356. <https://doi.org/0.1016/j.leaqua.2007.04.004>
- Plsek, P. E. (2003). Complexity and the Adoption of Innovation in Health Care. *National Institute for Health Care Management Foundation*, 18. Retrieved from <https://www.nihcm.org/pdf/Plsek.pdf>
- Plsek, P. E., & Greenhalgh, T. (2001). The challenge of complexity in health care. *Education and Debate BMJ*, 323, 625–628. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1121189/pdf/625.pdf>
- Podjed, D. (2011). Multiple Paradigm Research on Organisational Culture: An Introduction of Complexity Paradigm. *Organizacija*, 44(1), 11–21. <https://doi.org/10.2478/v10051-011-0002-0>
- Poincaré, H. (1914). *Science and Method [Trad. Bertrand Russell]* (1a.). London, UK: Thomas Nelson and Sons. Retrieved from <https://ia802605.us.archive.org/32/items/sciencemethod00poinuoft/sciencemethod00poinuo>

ft.pdf

- Poole, M. S., & Ven, A. H. Van De. (1989). Using Paradox to Build Management and Organization Theories. *The Academy of Management Review*, 14(4), 562–578. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/260184814_Using_Paradox_to_Build_Management_and_Organization_Theories
- Poskiene, A. (2002). *University Organizational Culture - The Complex Educational Factor of Higher Education*. Kaunas University of Technology. Retrieved from <http://ebookbrowse.com/poskiene-dissertation-pdf-d55482927>
- Poskiene, A. (2006). Organizational Culture and Innovations. *Engineering Economics*, 1(46), 45–50. Retrieved from <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=36058>
- Prigogine, I. (1961). *Thermodynamic of Irreversible Processes* (2a ed.). New York, N. Y.: Interscience Publishing. John Wiley & Sons.
- Prigogine, I. (1988). *¿Tan solo un ilusión?* (Tusquets Editores S. A., Ed.) (2a ed.). Barcelona.
- Prigogine, I. (1997). *El Fin de las Certidumbres*. Madrid: Santillana S.A. Taurus.
- Puga, C. (2009). Ciencias sociales. Un nuevo momento. *Revistas.Unam.Mx*, 2009(5), 27. Retrieved from <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rms/article/view/17785/16964>
- Ramalingam, B., Jones, H., Reba, T., & Young, J. (2008). *Exploring the science of complexity: Ideas and implications for development and humanitarian efforts*. Overseas Development Institute (2a ed.). London SE7 1JD: Overseas Development Institute 111 Westminster Bridge Road London SE7 1JD. Retrieved from <https://www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi-assets/publications-opinion-files/833.pdf>
- Rand, W., & Wilensky, U. (2007). Full Spectrum Modeling: From Simplicity to Elaboration and Realism in Urban Pattern Formation. *Proceedings of the of the North American Association Computational Social and Organization Science Conference (NAACSOS)*, 10. Retrieved from <https://ccl.northwestern.edu/2007/FullSpectrum.pdf>
- Rao, A., & Georgeoff, M. P. (1995). BDI Agents: From Theory to Practice. *Proceedings of the ICMAS-95, First International Conference on Multiagent Systems, June 12-14, San Francisco, California, USA*, 312–319. Retrieved from <http://www.agent.ai/doc/upload/200302/rao95.pdf>
- Rashotte, L. (2015). Social influence. *Blackwell Encyclopedia of Sociology Online*, 4427–4429. Retrieved from http://www.sociologyencyclopedia.com/fragr_image/media/social
- Reason, P., & Goodwin, B. (1999). Toward a Science of Qualities in Organizations: Lessons from Complexity Theory and Postmodern Biology. *Concepts and Transformation*, 4(3), 281–317. <https://doi.org/10.1075/cat.4.3.04rea>
- Reátegui, L. R. (2009). Pensamiento Complejo, Ciencias de la Complejidad y Renovación Curricular Retos para la UNICA. *Modelo Curricular Universitario Bajo El Enfoque de La Teoría Transcompleja*, 16. Retrieved from <https://es.scribd.com/document/24138973/EL-PENSAMIENTO-COMPLEJO>
- Regine, B., & Lewin, R. (2000a). Leading at the Edge: How Leaders Influence Complex Systems. *EMERGENCE*, 2(2), 5–23. Retrieved from http://emergentpublications.com/eco/ECO_papers/Issue2_2_1.pdf
- Regine, B., & Lewin, R. (2000b). Leading at the Edge: How Leaders Influence Complex

- Systems. *EMERGENCE*, 2(2), 5–23. Retrieved from https://www.google.com.co/search?q=Leading+at+the+Edge%3A+How+Leaders+Influence+Complex+Systems&oq=Leading+at+the+Edge%3A+How+Leaders+Influence+Complex+Systems&gs_l=psy-ab.3..0i22i30k1.1212400.1216885.0.1218753.1.1.0.0.0.223.223.2-1.1.0....0...1.1j2.64.
- Ren, Q. (2011). *A BDI Agent Based Framework for Modeling and Simulation of Cyber Physical Systems*. Temple University. Retrieved from <http://digital.library.temple.edu/cdm/ref/collection/p245801coll10/id/213130>
- Reynoso, C. (2006). *Complejidad y Caos: una exploracion antropológica*. (B. A. Editorial Tapeyu, Ed.) (1a ed.). Buenos Aires.
- Reynoso, C. (2011). *Redes Sociales y Complejidad* (1a ed.). Buenos Aires, Argentina: Universidad de Buenos Aires. Retrieved from <http://carlosreynoso.com.ar/archivos/varios/Redes-y-complejidad2.pdf>
- Richardson, K. A. (2008). Managing Complex Organizations: Complexity Thinking and The Science and Art of Management. *E:CO*, 10(2), 13–26. Retrieved from https://emergentpublications.com/ECO/ECO_papers/Issue_10_2_3_PR.pdf
- Richardson, K. A. (2011). Complexity and Management: A Pluralistic Vision. In *The SAGE Handbook Of Complexity and Management* (1a ed., p. 644). Thousand Oaks, California: Sage Publications Ltd.
- Richardson, K. A., & Cilliers, P. (2001). Special Editors' Introduction: What Is Complexity Science? A View from Different Directions. *EMERGENCE*, 3(1), 5–23. Retrieved from https://emergentpublications.com/ECO/issue_contents.aspx?Volume=3&Issue=1
- Ríos Manríquez, M., Téllez Ramírez, M. del R., & Ferrer Guerra, J. (2010). El empowerment como predictor del compromiso organizacional en las Pymes, 231, 103–125. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/cya/n231/n231a6.pdf>
- Ritter, T., Wilkinson, I. F., & Johnston, W. J. (2004). Managing in Complex b Business Networks. *Industrial Marketing Management*, 33, 175–183.
- Roca, J. (2001). ¿Antropólogos en la Empresa?: A Propósito de la (Mal) Llamada Cultura de Empresa. *Etnográfica*, 5(1), 69–99. Retrieved from http://ceas.iscte.pt/etnografica/docs/vol_05/N1/Vol_v_N1_69-100.pdf
- Rodrigues, S. B. (2006). The Political Dynamics of Organizational Culture in an Institutionalized Environment. *Organization Studies*, 27(4). Retrieved from <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0170840605059454?journalCode=ossa>
- Rodríguez-Sickert, C. (2009). Homo economicus. In *Handbook of Economics & Ethics* (p. 14). Edward Elgar Publishing Limited. Retrieved from http://complejidadsocial.udd.cl/wp-content/uploads/2012/05/Homo-economicus-Handbook-E.Elgar_.pdf
- Rodríguez Zoya, L. G., & Leónidas Aguirre, J. (2011). Teorías de la Complejidad y Ciencias Sociales. Nuevas Estrategias Epistemológicas y Metodológicas. *Nómaditas. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*, 30, 21. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=18120143010>
- Rouse, W. (2008). Health Care as a Complex Adaptive System: Implications for Design and Management. *The BRIDGE National Academy of Engineering*, 38(1), 17–25. Retrieved from <https://www.nae.edu/File.aspx?id=7417&v=17369001>

- Ruiz, Y. B., & Naranjo, J. C. (2012). La investigación sobre cultura organizacional en Colombia: una mirada desde la difusión en revistas científicas. *Diversitas: Perspectivas En Psicología*, 8(2). Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/679/67925837006.pdf>
- Sackman, S. A. (1992). Cultures and Subcultures: An Analysis of Organizational Knowledge. Retrieved from https://www.jstor.org/stable/2393536?seq=1#page_scan_tab_contents
- Salonda, L. L. (2008). *Exploration of a University Culture: A Papua New Guinea Case Study*. Victoria University of Technology. Retrieved from <http://vuir.vu.edu.au/2027/1/salonda.pdf>
- Samethband, M. J. (1999). *Entre el Orden y el Caos. La Complejidad* (2a.). Buenos Aires, Argentina: Fondo de Cultura Económica.
- San Miguel, M., Toral, R., & Eguíluz, V. M. (2005). Redes Complejas en la Dinámica Social. *NGURUAK, Revista Vasca de Sociología y Ciencia Política*, 42, 127–146. Retrieved from https://ifisc.uib-csic.es/raul/publications/O/O8_ste06.pdf
- Sandelowski, M. (1995). Sample size in qualitative research. Focus on Qualitative Method. *Research in Nursing and Health*, 18, 179–183. Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/nur.4770180211/pdf>
- Sawyer, K. R. (2002). Durkheim's Dilemma: Toward a Sociology of Emergence. *Sociological Theory*, 20(2), 227–247. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/3108647>
- Sawyer, K. R. (2003). Artificial Societies: Multiagent Systems and the Micro-Macro Link in Sociological Theory. In *Sociological Methods & Research* (pp. 325–363). SAGE publications. <https://doi.org/10.1177/0049124102239079>
- Schein, E. H. (1985). *Organizational Culture and Leadership* (1a ed.). San Francisco: Jossey-Bass.
- Schein, E. H. (1988). *La Cultura Empresarial y el Liderazgo. Una Visión Dinámica*. (Plaza & Janés, Ed.) (1a ed.). Barcelona: Jossey-Bass.
- Schein, E. H. (1996). Three Cultures of Management: The Key to Organizational Learning. *Sloan Management Review*, 38(1), 9. Retrieved from http://cmapspublic.ihmc.us/rid=1255442538593_81326613_21696/Three%2520cultures%2520of%2520management%2520schein.pdf
- Schein, E. H. (2004a). *Organizational Culture and Leadership*. (John Wiley and Sons, Ed.) (3a ed.). San Francisco: Jossey Bass.
- Schein, E. H. (2004b). *Organizational Culture and Leadership* (3a ed.). San Francisco: Jossey Bass. Retrieved from http://www.untag-smd.ac.id/files/Perpustakaan_Digital_2/ORGANIZATIONAL CULTURE Organizational Culture and Leadership, 3rd Edition.pdf
- Schein, E. H. (2004c). *Organizational Culture and Leadership* (3a ed.). San Francisco: Jossey-Bass. Retrieved from http://www.untag-smd.ac.id/files/Perpustakaan_Digital_2/ORGANIZATIONAL CULTURE Organizational Culture and Leadership, 3rd Edition.pdf
- Schilperoord, M. (2005). *Complexity in Foresight. An Agent-Based Simulation Workbench to Help Achieve Adaptiveness in Strategic Planning*. Erasmus University Rotterdam, Rotterdam, Holland. Retrieved from <http://repub.eur.nl/pub/7106>
- Schneider, M., & Somers, M. (2006). Organizations as Complex Adaptive Systems: Implications of Complexity Theory for Leadership Research. *The Leadership Quarterly*, 17(4), 351–365.

- <https://doi.org/10.1016/j.leaqua.2006.04.006>
- Scott, T., Mannion, R., Davies, H., & Marshall, M. (2003). The Quantitative Measurement of Organizational Culture in Health Care: A Review of the Available Instruments. *Health Service Research*, 38(3), 923–945. <https://doi.org/10.1111/1475-6773.00154>
- Seel, R. (2000). Culture and Complexity: New Insights on Organisational Change. *Culture & Complexity—Organisations & People*, 7(2), 2–9. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=BC561344DB95D6205DC9B1F2EB2263C9?doi=10.1.1.453.523&rep=rep1&type=pdf>
- Seel, R. (2005). New Insights on Organisational Change. *Organizational Culture: An Introduction*, 82–92. Retrieved from <http://www.new-paradigm.co.uk/culture-complex.htm>
- Sharma, S. (2006). *A Survey on the Use of Cultural Algorithms in Multi-Agent Systems*. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/d9e7/4ccd44a57a9a27af84a1b3b5561d11d6c3c6.pdf>
- Simon, H. A. (1969). The Architecture of Complexity. In *The Sciences of The Artificial* (1a., pp. 84–118). Cambridge, MA: Riverside Press.
- Situngkir, H. (2004). On Selfish Memes Culture as Complex Adaptive System. *Journal of Social Complexity*, 2(1), 20–32. Retrieved from <http://cogprints.org/3471/1/hokky.pdf>
- Smart, J. C., & St. John, E. P. St. (1996). Organizational Culture and Effectiveness in Higher Education: A Test of the “Culture Type” and “Strong Culture” Hypotheses. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 18(3), 219–241. Retrieved from https://www.jstor.org/stable/1164261?seq=1#page_scan_tab_contents
- Smerek, R. E. (2010). Cultural Perspectives of Academia: Toward a Model of Cultural Complexity. *Higher Education: Handbook of Theory and Research* 25, 381–423. https://doi.org/10.1007/978-90-481-8598-6_10
- Smircich, L. (1983). Concepts of Culture and Organizational Analysis. *Administrative Science Quarterly*, 28(3), 339–358. Retrieved from http://courses.washington.edu/ilis580/readings/Smircich_1983.pdf
- Smith, A. (1999). *La Riqueza de las Naciones* (1a.). Madrid: Alianza Editorial S.A.
- Smith, W. K., & Lewis, M. W. (2011). Toward A Theory of Paradox: A Dynamic Equilibrium Model of Organizing. *Academy of Management Review*, 36(2), 381–403. Retrieved from <https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id...%0A>
- Snowden, D. J., & Boone, M. E. (2007). A Leader’s Framework for Decision Making. *Harvard Business Review*, 1–9. Retrieved from <https://hbr.org/2007/11/a-leaders-framework-for-decision-making>
- Solé, R. V., Bascompte, J., Delgado, J., Luque, B., & Manrubia, S. C. (1996). Complejidad en la Frontera del Caos. *Investigación y Ciencia*, 14–21. Retrieved from <http://www.dmae.upm.es/WebpersonalBartolo/articulosdivulgacion/Inv+Ciencia0596.pdf>
- St. Mary University College. (2012). *Final Refined Thesis Mine*. St. Mary University College. Retrieved from <https://es.scribd.com/document/73496719/Final-Refined-Thesis-Mine>
- Stacey, R. D. (1991). *The Chaos Frontier* (1a ed.). Oxford: Butterword-Heinemann Limited.
- Stacey, R. D. (1995). The Science of Complexity: an Alternative Perspective for Strategic Change Processes. *Strategic Management Journal*, 16, 477–495. Retrieved from

- [http://iic.wiki.fgv.br/file/view/Stacey, 1995. The science of complexity. SMJ.pdf](http://iic.wiki.fgv.br/file/view/Stacey,1995.The%20science%20of%20complexity.SMJ.pdf)
- Stacey, R. D. (1996). *Complexity and Creativity in Organizations* (1a ed.). San Francisco, CA: Berrett-Koehler Publishers, Inc.
- Stacey, R. D., Griffin, D., & Shaw, P. (2000). *Complexity and Management: Fad or Radical Challenge to Systems Thinking* (2a ed.). New York, N. Y.: Routledge.
- Stake, R. E. (2003). Case Studies. In *Strategies Of Qualitative Inquiry* (2a ed., pp. 134–164). Thousand Oaks, California: Sage Publications Ltd.
- Sterman, J. (1994). Learning In And About Complex Systems. *System Dynamics Review*, 10(2–3), 291–330. <https://doi.org/10.1002/sdr.4260100214> ·
- Strandburg, K. J. (2005). Curiosity-Driven Research and University Technology Transfer. *Advances in the Study of Entrepreneurship, Innovation, and Economic Growth*, 16, 97–126. Retrieved from https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=889207
- Strauss, A., & Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada* (1a.). Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- Strogatz, S. (2000). *Non Linear Dynamics and Chaos* (1a.). Cambridge, MA: Perseus Book Publishing LLC. <https://doi.org/0-7382-0453-6>
- Subasinghe, R., & Wickramasinghe, V. (2010). An Investigation Into the Contribution of Institutional Cultural Paradigms to the Effectiveness of Postgraduate Programs: a Comparative Study of University of Moratuwa and University of Kelaniya. *ICBI 2010 - University of Kelaniya, Sri Lanka*, 20. Retrieved from <http://www.kln.ac.lk/uokr/ICBI2010/11.pdf>
- SUE. (2012). *Desfinanciamiento de la Educación Superior en Colombia*. Bogotá, D.C. Retrieved from http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-341914_archivo_.pdf
- Svyantek, D. J., & Brown, L. L. (2000). A Complex-Systems Approach to Organizations. *Association for Psychological Science*, 9(2), 69–74. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/20182626> .
- Svyantek, D. J., & DeSHON, R. P. (1993). Organizational attractors: A chaos theory explanation of why cultural change efforts often fail. *Public Administration Quarterly*, 17(3), 3339–3355. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/40861593>
- Talanquer, V. (2003). *Fractus, Fracta, Fractal* (3a ed.). Mexico D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Tasaka, H. (1999). Twenty-First-Century Management and the Complexity Paradigm. In M. Lissack (Ed.), *The interaction of Complexity and Management* (1st ed., pp. 131–140). Westport, CT: Quorum Books.
- Taylor, F. W. (1973). *Principios de la Administración Científica* (5a ed.). Buenos Aires, Argentina: Ateneo.
- Tercero Talavera, I. (2015). Coevolución. Retrieved from <https://coevolucion.wordpress.com/2015/03/16/redes-de-mundo-pequeno/>
- The Healt Foundation. (2010). Complex Adaptive Systems, 32. Retrieved from <http://www.health.org.uk/publication/complex-adaptive-systems>
- Thietart, R., & Forgues, B. (1995). Chaos Theory and Organization. *Organization Science*, 6(1),

- 19–31. <https://doi.org/10.1287/orsc.6.1.19>
- Tierney, W. G. (1988). Organizational Culture in Higher Education: Defining the Essentials. *The Journal of Higher Education*, 59(1), 2–21. <https://doi.org/10.2307/1981868>
- Tisue, S., & Wilensky, U. (2004). NetLogo: A Simple Environment for Modeling Complexity. *International Conference on Complex Systems*, 10. Retrieved from <https://ccl.northwestern.edu/papers/netlogo-iccs2004.pdf>
- Trindade, H. H., Sierra, G. de, Garretón, M., Murmis, M., & Reina, J. L. (2007). *Las Ciencias Sociales en America Latina en Perspectiva Comparada*. (E. Siglo XXI, Ed.). Mexico D.F.
- Trivelals, P., Reklitis, P., & Konstantopoulos, N. (2007). A dynamic Simulation Model of Organizational Culture and Business Strategy Effects on Performance. *Computation in Modern Science and Engineering, Proceedings of the International Conference On Computational Methods in Science and Engineering*, 1074–1079. <https://doi.org/10.1063/1.2835928>
- Trochim, W. M. (2007). No. File. *Research Methods Knowledge Base*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/243783609_The_Research_Methods_Knowledge_Base
- Turocy, T. L., & Stengel, B. von. (2001). *Game Theory*. London, UK. Retrieved from <http://www.cdam.lse.ac.uk/Reports/Files/cdam-2001-09.pdf>
- Uhl-Bien, M., Marion, R., & McKelvey, B. (2007). Complexity Leadership Theory: Shifting leadership from the industrial age to the knowledge era. *The Leadership Quarterly*, 1–9. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/8cb9/5bdec8d801810a0047e5b5d81e5a1c1dba0c.pdf>
- Universidad Nacional del Sur, A. (2018). Análisis de redes sociales. Retrieved January 10, 2018, from <http://ars-uns.blogspot.com.co/2013/11/ars-101-modularidad.html>
- Van den Berg, P. T., & Wilderom, C. P. M. (2004). Defining, Measuring, and Comparing Organisational Cultures. *Applied Psychology: An International Review*, 53(4), 570–582. Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1464-0597.2004.00189.x/full>
- Van Maanen, J. (1995). Style As Theory. *Organization Science*, 6(1), 132–143. Retrieved from <http://www.uio.no/studier/emner/matnat/ifi/INF9200/h12/readings/papers/VanMaanen.pdf>
- Viniegra Velázquez, L. (2014). El reduccionismo científico y el control de las conciencias. Parte I. *Hospital Infantil de México Federico Gómez*, 71(4), 252–257. <https://doi.org/10.1016/j.bmhmx.2014.05.001>
- Viriyakul, P. (2011). Organization Culture Affecting Knowledge Management for Organization Effectiveness: A Case Study of Industrial Entities in Chachoengsao Industrial Estate. *International Journal of Arts and Sciences*, 4(6). Retrieved from <http://fms.rru.ac.th/web0/images/document/pornpimol.pdf>
- Walby, S. (2003). Complexity Theory, Globalisation and Diversity. *Conference of the British Sociological Association, University of York*, 22. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.469.8698&rep=rep1&type=pdf>
- Waldrop, M. M. (1992). *Complexity: The Emerging Science at The Edge of Order and Chaos*. New York, N. Y.: Simon & Schuster.
- Waldrop, M. M. (1994). *Complexity: the Emergen Science at the Edge of Order and Chaos*. New York, N. Y.: Touchstone Books.

- Wallendorf, M., & Belk, R. W. (1989). Assessing Trustworthiness in Naturalistic Consumer Research. In *SV - Interpretive Consumer Research*, Eds. Elizabeth C. Hirschman, Provo, UT: Association for Consumer Research, 69–84. Retrieved from <http://www.acrwebsite.org/search/view-conference-proceedings.aspx?Id=12177>
- Wallerstein, I. (1995). *Abrir las Ciencias Sociales- Informe de la Comisión Gulbenkian para la Reestructuración de las Ciencias Sociales* (1a ed.). México D.F.: Impresores Aldina S.A.
- Watts, D. J. (2003). *Six Degrees. The Science of a Connected Age*. New York, N. Y.: W. W. Norton & Company.
- Watts, D. J., & Strogatz, S. H. (1998). Collective Dynamics of ‘Small-World’ Networks. *Nature*, 393, 440–442. Retrieved from <http://worrydream.com/refs/Watts-CollectiveDynamicsOfSmallWorldNetworks.pdf>
- Weber, M. (1978). *Economy And Society*. Los Angeles, CA: University of California Press. Retrieved from <https://ia600305.us.archive.org/25/items/MaxWeberEconomyAndSociety/MaxWeberEconomyAndSociety.pdf>
- Weeks, J., & Galunic, C. (2003). A Theory of the Cultural Evolution of the Firm: The Intra-Organizational Ecology of Memes. *Organization Studies*, 24(8). Retrieved from <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/01708406030248005>
- Weeks, R. (2010). Organizational Culture: A Contemporary Management Perspective. *Acta Commercii* 2010, 43–58. Retrieved from <https://www.actacommercii.co.za/index.php/acta/article/viewFile/112/112>
- Weiss, G. (1999). *Multiagent Systems*. (Gerard Weiss, Ed.) (1a ed.). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Wilensky, U., & Rand, W. (2015). *An Introduction to Agent Based Models* (1a ed.). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Wilkins, A. L., & Ouchi, W. G. (1983). Efficient Cultures: Exploring the Relationship Between Culture and Organizational Performance. *Administrative Science Quarterly*, 28(3), 468–481. Retrieved from https://www.jstor.org/stable/2392253?seq=1#page_scan_tab_contents
- Willmot, H. (2007). La fuerza es la ignorancia, la esclavitud es la libertad: la gestión de la cultura en las organizaciones modernas. In E. Siglo XX (Ed.), *Vigilar y organizar* (pp. 103–160). Madrid.
- Wooldridge, M. J. (2002). *An Introduction to Multiagent Systems*. Chichester, UK.: John Wiley & Sons.
- Wooldridge, M., & Simon, P. (2003). Rational Action- Lecture 4 - the BDI Model, 23. Retrieved from <https://www.yumpu.com/en/document/view/35470577/rational-action-a-lecture-4-a-the-bdi-model-agentgroup>
- Wuthnow, R., & Witten, M. (1988). New Directions in the Study of Culture. *Annual Review of Sociology*, 14, 49–67. Retrieved from https://www.jstor.org/stable/2083310?seq=1#page_scan_tab_contents
- Ybema, S. B. (1997). Telling Tales: Contrast and Communalities Within the Organization of an Amusement Park - Confronting and Combining Different Perspectives. In S. Sackman (Ed.), *Cultural Complexity in Organizations* (1st ed., pp. 160–186). Thousand Oaks, California: SAGE publications.

- Yelland, G. (2012). *Developing a Framework for Understanding Organizational Culture in Healthcare Organizations from a Complex Adaptive Systems Perspective*. University of Calgary. Retrieved from http://theses.ucalgary.ca/bitstream/11023/277/2/ucalgary_2012_yelland_gregory.pdf
- Yin, R. K. (2009). *Case Study Research. Design and Methods* (4a ed.). London, UK: SAGE Ltd.
- Yolles, M. (2006). *Organizations as Complex Systems: An Introduction to Knowledge Cybernetics*. (K. A. Richardson & M. R. Lissack, Eds.). Greenwich, Connecticut: Information Age Publishing.
- Young, T. R., & Kiel, L. D. (1994). Chaos and Management Science: Control, Prediction and Nonlinear Dynamics. *Red Feather Institute Series on Non-Linear Social Dynamics*, 006. Retrieved from <http://critcrim.org/redfeather/chaos/manag.htm>
- Zachary, W. W. (1977). An Information Flow Model for Conflict and Fission in Small Groups. *Journal of Anthropological Research*, 33(4), 452–473. Retrieved from <http://www1.ind.ku.dk/complexLearning/zachary1977.pdf>
- Zapata, Domínguez, Á., & Rodríguez Ramírez, A. (2008). *Gestión de la Cultura Organizacional. Bases Conceptuales para su Implementación* (1a ed.). Cali, Colombia: Facultad de Ciencias de la Administración. Universidad del Valle.
- Zapata, A., Primero, L. A., & Arias, B. (2006). Cultura Organizacional Para la Calidad Total. *Encuentro Nacional de Investigación En Administración*, 153–168. Retrieved from <http://www.ascolfa.edu.co/web/archivos/eventos/encuentroinvestigacion2005/Cap-2009-Alvaro-Zapata.pdf>
- Zapata D., Á., Rodríguez R., A., & Sánchez M., I. (2008). *Cultura Organizacional en Empresas Colombianas: Estudios de Caso*. (1a ed.). Cali, Colombia: Universidad del Valle, Facultad de Ciencias de la Administración.
- Zapata Domínguez, A. (2002). Paradigmas de la cultura organizacional. *Cuadernos de Administración de La Universidad Del Valle*, (27), 162–186. Retrieved from [http://fayol.univalle.edu.co/Publicaciones/pagina_web/Articulos/27-Cuadernos_de_Administarcion_\(Marzo-2002\)/27-\(06\)_Paradigmas_de_la_cultura_organizacional_\(Alvaro_Zapata_Dominguez\).pdf](http://fayol.univalle.edu.co/Publicaciones/pagina_web/Articulos/27-Cuadernos_de_Administarcion_(Marzo-2002)/27-(06)_Paradigmas_de_la_cultura_organizacional_(Alvaro_Zapata_Dominguez).pdf)
- Zapata Domínguez, Á. (2008). Cultura Organizacional y Gestión Humana. In *Perspectivas Teóricas para el Estudio de la Gestión Humana* (1a ed., p. 315). Cali, Colombia: Programa Editorial Universidad del Valle.
- Zapata Domínguez, A., Murillo Vargas, G., & Martínez Crespo, J. (2006). *Organización y Managenent. Objeto, Método, Investigación y Enseñanza* (1a ed.). Cali, Colombia: Artes Gráficas del Valle Ltda.
- Zheng, W., Qu, Q., & Yang, B. (2009). Toward a Theory of Organizational Cultural Evolution. *Human Resource Development Review*, 8(2). Retrieved from <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1534484309333619>
- Zimmerman, B., Lindberg, C., & Plsek, P. (1998). *A Complexity Science Primer: What is Complexity and Why Should I Learn About It? - Adapted from - Edgeware: Lessons From Complexity Science for Health Care Leaders*. Edgeware: Lessons From Complexity Science for Health Care Leaders. Dallas, TX. Retrieved from http://gswong.com/?wpfb_dl=27
- Zipoli, M. (2012). *Does national culture matter for organizational culture in institutions of*

higher education? An Italian University and a Norwegian University compared. University of Bergen. Retrieved from <http://bora.uib.no/bitstream/handle/1956/6070/97213906.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Anexos

Anexo A. Estudio Cualitativo Exploratorio - Informe de entrevista

Informe fase exploratoria – cualitativa.

Realizó: Adriana Valencia Espinosa

Participantes. Se realizaron 9 entrevistas, de 10 entrevistas propuestas, seleccionadas por muestreo abierto intencional (Sandelowski, 1995; Strauss & Corbin, 2002). La información se consideró saturada en la novena entrevista, toda vez que no se identificó nueva información. Los participantes fueron definidos en tanto su posición como profesores nombrados, todos con más de 10 años de vinculación a la Escuela, y por tanto susceptibles de participar en procesos de investigación. La duración de las entrevistas fue entre 30 y 50 minutos. Participaron 8 hombres y 1 mujer. La edad de los participantes se encuentra entre 40 y 65 años. Otra información relevante sobre los entrevistados se consigna en la A1Tabla. Se alentó a los entrevistados a hablar de manera abierta sobre sus experiencias y percepciones, se les solicitó expresar sus experiencias en términos de valoraciones acerca de motivaciones y obstáculos percibidos para hacer investigación. De igual forma se indagó sobre el comportamiento de las relaciones que surgen entre investigadores.

Tabla A1. Información de Entrevistados

PARTICIPANTE	GRUPO DE INVESTIGACIÓN	GÉNERO	CATEGORÍA PROFESORAL	MÁXIMO GRADO
E1	GICI	M	Titular	Doctorado
E2	GICI	M	Asociado	Especialización
E3	GICI	M	Asistente	Maestría
E4	GRALTA	F	Asistente	Doctorado
E5	PSI	M	Asistente	Maestría
E6	SISTEL-UV	M	Titular	Especialización
E7	GADYM	M	Titular	Doctorado
E8	SHG	M	Titular	Doctorado
E9	PSI	M	Titular	Maestría

Fuente: Elaboración Propia

Análisis. Las entrevistas se grabaron. El proceso de identificación y clasificación se realizó mediante análisis de contenido temático simple (Bardin, 1996) con lo cual se obtuvieron indicadores sobre patrones de interpretación e interacción.

Resultados. Los resultados muestran, en general, consenso en la creencia acerca de la importancia de hacer investigación. No obstante, se encuentran diferencias sobre la definición de “investigación”. Se identifica que dichas diferencias están relacionadas con la posición del profesor entrevistado en la comunidad académica. Es decir, sobre la investigación, el proceso para realizarla y el proceso y los medios para reconocerla, como estructura y como proceso cultural interactivo, es reconocido por todos los participantes en el estudio como algo institucional,

enmarcado incluso dentro de procesos globales. Pero, dependiendo de la posición del profesor participante, acepta o cuestiona dicha definición. La característica principal para ello es el nivel de formación del profesor. Se encuentra relacionada la asociación de investigador con el grado académico del profesor. Así, los profesores que tengan título de doctor se identifican de inmediato como investigadores y actúan en consecuencia, cumpliendo las definiciones institucionales y siguiendo o jugando con las reglas definidas. De esta manera, quienes tienen grado de maestría o sólo de pregrado, presentan una definición muy propia de investigación que cuestiona el modelo estructurado, en tanto prácticamente su participación en investigación la perciben como muy restringida. Los profesores en este nivel consideran que su participación no es valorada en los diferentes grupos de investigación en tanto sus conocimientos no son valorados ni por la experiencia ni por la labor docente, sino casi, exclusivamente en función de su título académico. Por tanto, se sugiere que se profundice sobre la definición y el auto-reconocimiento de investigador en cada encuestado futuro.

Se encontró también que hay cierto consenso entre los profesores que se reconocen como investigadores con las reglas institucionales y estructurales definidas, sobre un cambio de mentalidad, que inicia aproximadamente en los años 80, donde se relaciona la formación de alto nivel: doctorado, con el proceso de investigación. De esta manera, el cambio de mentalidad hacia una cultura de investigación está relacionado con la formación doctoral de sus profesores y su capacidad de hacer, como doctores, procesos de investigación; esto es: crear y liderar grupos de investigación, capacidad de formular y realizar proyectos de investigación, capacidad de conseguir fuentes de financiación para los proyectos de investigación, capacidad de formar nuevos investigadores, en el marco de formar magísteres y doctores. De esta forma, se identifica de manera simplista, que quienes no continuaron con procesos de formación de alto nivel no quisieron cambiar su mentalidad para entrar en las reglas de juego. No se encontraron indicios de influencia personal entre profesores para que haya este cambio. Las influencias y las presiones se identifican en el sistema mismo y se acepta y reconoce como una elección personal. Se logra identificar que los participantes reconocen que hay posibilidad de hacer investigación, aunque no se cumpla con los estándares de doctorado e incluso maestría, pero se hace con muchas más limitaciones por las condiciones estructurales.

En cuanto a los temas de interés para investigar, los participantes identificaron: necesidades de la sociedad, de su industria, quienes los reconocen como expertos en un área de interés y los buscan para realizar proyectos de investigación aplicada. Otra fuente para los temas proviene del conocimiento de los investigadores y estudiantes de doctorado y maestría, de temas actuales en el área, estos son encontrados por curiosidad personal e intelectual. En general los temas se enmarcan en las líneas de investigación de cada grupo. Por tanto, hay poca flexibilidad para tratar temas por fuera de estas definiciones. Si bien es posible, requiere una justificación y un encuadre en las ya existentes o la creación argumentada de una línea nueva. Por tanto, se identifica que se presenta cierta forma de influenciar las temáticas a investigar. Una forma dada por la conformación misma del sistema que se describe anteriormente y otra, por conveniencia personal y profesional de

quienes lideran los grupos, ya que se fortalecen los temas de un dominio y se amplía el control a través de más personas enmarcadas en la misma área de conocimiento. Se observó que los grupos de investigación tienen sus propias lógicas y dinámicas de funcionamiento, y que al interior se notan en general, bien relacionados. No así para la relación entre grupos de la Escuela y con otros grupos de la Universidad. Se debe indagar por encuesta acerca de estas relaciones. También se encontró que se reconoce la investigación como un proceso relacional y no individual, en el que se reconoce también el relacionamiento entre investigadores marcado por afinidades personales.

En cuanto a las motivaciones para hacer investigación, se reconoce como la principal el interés y la actitud personal por el conocimiento y, por tanto, por la disposición de hacer un doctorado. La siguiente motivación es de reconocimiento social en la comunidad académica, y la última motivación es mejorar el nivel salarial. Se reconoce que la fuente para hacer publicaciones en revistas de alto impacto proviene de los resultados de investigaciones, y se reconoce que las publicaciones son el medio para obtener reconocimiento según las reglas, tanto académico-social como económico expresado en el salario. Los profesores que se sienten por fuera del sistema cuestionan la publicación como el medio por excelencia para obtener estos reconocimientos. En cuanto a obstáculos, el mayor de ellos se identifica en la dificultad para obtener fuentes de financiación y que éstas se encuentren exclusivamente ligadas a proyectos de investigación. Por este motivo y ante este reconocimiento se encontró consenso entre los investigadores en cuanto a disposición y obiedad de aportar recursos propios de todo tipo para hacer investigación y para divulgar resultados. Es decir, los investigadores están dispuestos, como algo obvio y claro, a aportar recursos propios de tiempo, dinero, materiales, para hacer investigación y divulgar sus resultados en congresos y demás.

De otra parte, no se encontró acuerdo sobre la relación directa de ser investigador y el impacto de ello en políticas institucionales en la Escuela. Si bien, algunos profesores expresaron que habían tenido logros como asignación de tiempo dentro de su carga para dirigir grupos de investigación, la generalidad es que esta relación no es tan clara. Aunque, se reconoce que hay esfuerzos por ejemplo para hacer reconocimientos y visibilidad de lo que se hace, por ejemplo, en la *semana de ingeniería*. En este aspecto, aparte de dicha semana no se evidenciaron más mecanismos por divulgar resultados y promover la relación y el conocimiento entre grupos.

En términos generales, la cultura de investigación en la Escuela muestra tendencia a identificarse como una cultura basada en capacidad de realizar proyectos de investigación, y esta capacidad relacionada, aunque no de manera directa ni exclusiva, con la formación de alto nivel de los miembros de grupos de investigación cuyos resultados válidos y reconocibles son las publicaciones en medios igualmente reconocidos por el sistema macro. Lo anterior contrasta con la evidencia que manifestaron los participantes en cuanto que no existe cultura de investigación a nivel institucional ya que hay demasiadas trabas administrativas para los procesos de investigación que los vuelven lentos y penosos y por tanto requieren ese esfuerzo y aporte personal.

Anexo B. El cuestionario

Tabla B1. Datos Sociodemográficos

IDENTIFICACIÓN	Sexo	Primer nombre	Segundo nombre	Primer apellido	Segundo apellido
F. NACIMIENTO	Día	Mes	Año		
ESTADO CIVIL	Soltero	Casado			
ANTIGÜEDAD EN LA ESCUELA	Tiempo en años que el docente ha ejercido vinculado formalmente a la Escuela				
ESCOLARIDAD	Mayor graduación alcanzada				
CATEGORÍA	Nivel en el cual se encuentra categorizado (Auxiliar, Asistente, Asociado, Titular)				
ÁREA	Sector disciplinar al cual se encuentra adscrito formalmente				
GRUPO DE INVESTIGACIÓN	De los grupos de investigación de la Escuela, en cual realiza sus labores de investigación				
PROFESIÓN	Carrera que cursó en pregrado				

Fuente: Elaboración propia

Los ítems 1 a 45 recogen la opinión de los docentes en una escala Likert de 5 puntos (nunca, rara vez, algunas veces, a menudo, siempre) para evaluar las características en la Tabla B2.

Tabla B2. Grupos de Preguntas por Características Individuales

ÍTEM	CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
1-11	CULTURA DE INVESTIGACIÓN EN LA ESCUELA	Permite evaluar la cultura de investigación de la Escuela
12-17	MOTIVACIONES	Factores que impulsan al docente a investigar
18-23	OBSTÁCULOS	Factores que el docente señala como impedimentos para investigar
24-33	CREENCIAS DEL PROFESOR	Supuestos del docente en cuanto a aspectos remunerativos, calidad de vida, desgaste, etc., que implica para quienes ejercen la investigación
34-37	ARTEFACTOS	Como califica el docente la asignación de los recursos físicos, financieros, de dotación, laboratorios y espacios de trabajo
38-45	COMPORTAMIENTO	La apreciación del profesor en cuanto a la autonomía en la selección de los temas, la dedicación de tiempo, locación y recursos financieros y físicos propios a la investigación. La colaboración intra e inter-grupos

Fuente: Elaboración propia

Las preguntas 46 a 49 evalúan los aspectos de la cultura de investigación con ponderaciones de 1 a 5, siendo 5 la calificación de mayor impacto, como se aprecia en la Tabla B3.

Tabla B3. Ítems para Información sobre Influencias y Preferencias

ÍTEM	ASPECTO	DESCRIPCIÓN
46	INFLUENCIA	Valoración de las sugerencias y aportes de otros investigadores según su categoría docente.
47	PRESIONES PARA INVESTIGAR	En qué medida el docente se siente obligado a investigar por diferentes fuentes.
48	HOMOFILIA	El grado de aceptación para trabajar en equipos de investigación dependiendo de la categoría de otros docentes.
49	PREFERENCIAS DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL	Mide que tendencias tiene el docente respecto a los diferentes tipos de producción seleccionados (libros, capítulos de libros, artículos de investigación, tesis y la posibilidad de ninguna producción.

Fuente: Elaboración propia

El ítem 50 es una sociomatriz de distancias que indaga sobre la frecuencia de los contactos entre los profesores de la Escuela, como cada uno estima su nivel de interacción para con los demás. Se utiliza una escala Likert de 7 puntos que permite evaluar la estabilidad de esas interacciones. El encabezamiento se presenta en la Tabla B4.

Tabla B4. Sociomatriz de Contactos

Nombre	Nunca	Casi nunca	Pocas veces	A veces	Algo frecuentes	Muy frecuentes	Siempre en contacto
NN							

Fuente: Elaboración propia

El ítem 51 es una sociomatriz que busca la información ponderada sobre el grado de influencia positiva e influencia repulsiva entre los profesores de la Escuela. Se utiliza una escala Likert de 7 puntos para establecer en valor 4 el punto de equilibrio. Se aprecia en la Tabla B5.

Tabla B5. Sociomatriz de Influencias

Nombre	No a gusto	Casi nunca a gusto	Poco a gusto	Escasamente a gusto	Algo a gusto	Muy a gusto	Totalmente a gusto
NN							

Fuente: Elaboración propia

Anexo C. Definición de conceptos, términos, expresiones y vocablos utilizados

Expresión, término o Vocablo	Original	Descripción del elemento	Referencias
Adaptación	Adaptation	En relación con los sistemas complejos adaptativos significa que la experiencia guía los cambios en la estructura de sistema de manera que en la medida en que el tiempo transcurre el sistema logra un mejor uso de su entorno para sus propios fines.	(Holland, 1995)
Agente	Agent	Son dispositivos computacionales más complejos que los autómatas que resultan apropiados para la simulación de sistemas sociales y corresponden en esencia a programas de computador. Los agentes tienen un origen técnico, pero intercambian información con otros agentes, son inherentemente sociales y se estructuran cognitivamente y socialmente.	(Gilbert & Troist, 2006);(Macy & Willer, 2002)
Algoritmos genéticos	Genetic algorithms	Nombre que se ha asignado a la resolución de problemas computacionales que han sido planeados e implementados fundamentándose sobre modelos de procesos evolutivos que de una forma general imitan los paradigmas biológicos y las ideas de la selección natural, la mutación y la reproducción.	(Franklin & Bergerman, 2000);(Boccaro, 2010);(Gilbert & Troist, 2006)
Ambigüedad	Ambiguity	Se define como lo que ocurre cuando un comportamiento, hecho, palabra o expresión puede entenderse o interpretarse de diferentes maneras. Es una característica de la vida de la toma de decisiones	(March, 1994).
Atractor	Atracctor	Un atractor se entiende como un conjunto al que convergen todas las trayectorias vecinas. En los sistemas dinámicos no lineales, la influencia de la estructura del sistema y de las condiciones iniciales posibilitan respuestas sorprendentes; en algunos casos la trayectoria de la evolución del sistema puede ser repelida y en otros casos puede ser atraída hacia algunos puntos del espacio de fases.	(Devaney, 2003);(Strogatz, 2000)
Autómatas celulares	Celular automata	Son mecanismos de modelización del mundo en donde el espacio se representa como como una rejilla, el tiempo transcurre a través de pasos discretos, las leyes del mundo se definen mediante un conjunto uniforme de reglas que determinan el estado de una celda tomando en cuenta el estado de las celdas vecinas y su estado anterior propio. Estos modelos han tenido gran aplicación en ciencias como la física, la biología y las matemáticas, además de las ciencias sociales.	(Gilbert & Troist, 2006);(Boccaro, 2010)
Autoorganización	Self-organization	Proceso que da origen dinámico al aprendizaje, la evolución, la creatividad y la innovación. Da origen a la aparición de patrones que no son impuestos directamente por fuerzas externas.	(Frijot Capra & Sempau, 2003)

Autosimilaridad	Self-similarity	Se dice de estructuras que repiten indefinidamente su conformación sin depender de la escala de observación. Cada una de sus partes es igual al total. También se conoce como auto similitud o auto semejanza.	(Talanquer, 2003)
Bifurcación	Bifurcation	Es la repentina aparición de soluciones cualitativamente diferentes a las ecuaciones de un sistema no lineal cuando un parámetro es variado. Ocurren de formas diferentes cuando una inestabilidad estructural produce un cambio en la forma dinámica en un sistema. Las bifurcaciones pueden suceder como locales cambiando continuamente la forma en la medida en que algún parámetro dinámico u otros parámetros cambian o también como globales con cambios más complejos entre los que se pueden mencionar las transiciones de fase como el cambio de sólido a líquido y viceversa.	(Hooker, 2011)
Caos	Chaos	Comportamiento de sistemas complejos dinámicos muy sensibles a las condiciones iniciales. Pequeñas variaciones en las condiciones iniciales pueden generar grandes diferencias en el comportamiento futuro.	(Lorentz, 1972)
Centralidad de Intermediación	Betweenness Centrality	Toma en cuenta la circulación de la información en la red, pero solo depende de los vecinos inmediatos, dejando de lado los vecinos indirectos. Indica que tantos nodos dependen de uno en particular para que este transfiera la información. Los actores con centralidad de intermediación alta, que pueden llegar a cumplir funciones de intermediarios, son importantes porque pueden facilitar o bloquear el flujo de información entre subgrupos a modo de interfaces.	(Easley & Kleinberg, 2010)
Clústeres	Clusters	Son los conglomerados que se forman en las sociedades humanas y que pueden detectados mediante el ARS en las redes.	(Mäs, Flache, & Helbing, 2010)
Coefficiente de agrupamiento	Clustering Coefficient	También llamado transitividad de un nodo es una medida local que indica el nivel de agrupamiento que existe en torno a ese nodo.	(Easley & Kleinberg, 2010)
Coevolución	Coevolution	La coevolución es descrita como “un proceso de paisajes acoplados deformándose, donde el movimiento adaptativo de cada entidad altera los paisajes de sus vecinos en la ecología o en la economía tecnológica”.	(S. A. Kauffman & Macready, 1995)
Comando	Command	Representa un esfuerzo por impartir instrucciones precisas, claras e inequívocas al personal lo que les permitirá alcanzar los objetivos organizacionales.	(McDaniel Jr., 2007b)
Complejidad	Complexity	Se refiere a las propiedades de los sistemas complejos dinámicos no lineales que no cumplen los principios de superposición y homogeneidad y que presentan resultados a veces inesperados en razón a sus propiedades de emergencia, evolución y autoorganización.	(Walby, 2003);(Mitleton-Kelly, 2003);(Stacey, 1996)
Contraintuitivo	Counterintuitive	Se refiere a comportamientos que se desvían de lo que se espera con base en el sentido común. La lógica formal, o clásica es insuficiente para estudiarlos y/o comprenderlos.	(Forrester, 1971)

Control	Control	Es un proceso de ajuste basado en la realimentación de los resultados para determinar si el sistema está haciendo lo que se supone que debe estar haciendo, es decir si se están cumpliendo los objetivos. Se trata de corregir las desviaciones.	(McDaniel Jr., 2007b)
Criticalidad auto-organizada	Self-organised criticality	El modelo de la Criticalidad Auto-organizada describe la complejidad utilizando la combinación de la autoorganización y la criticalidad. Evidencia como unas dinámicas simples pueden conducir a la emergencia de estructuras muy complejas e impulsar un sistema hacia estados estacionarios en donde se manifiestan varias propiedades de los sistemas en equilibrio, en un punto crítico.	(Kernick, 2004);(Bak, 1996)
Cultura	Culture	Es el resultado de un proceso de aprendizaje individual que distingue un grupo de animales superiores. En términos humanos es el conjunto de elementos interrelacionados, productos y actividades a través de los cuales los humanos se expresan por si mismos, interactúan con otros, y llegan a ser conscientes de ellos mismos y del mundo que los rodea.	(Schein, 1988).
Cultura administrativa	Administrative culture	Se entiende como la cultura de la administración pública, como parte de la cultura total de la sociedad enfocada en los conocimientos, pericia y autoridad de las personas que desempeñan funciones públicas.	(Guerrero, 2007)
Cultura artificial	Artificial culture	Se presenta como un fenómeno que integra los procesos cognitivos, los comportamientos y los productos de trabajo individuales. La cultura artificial puede proporcionar nuevas metáforas y analogías para el desarrollo de investigaciones en computación evolutiva. Además, puede aportar a la teoría cultural bajo un marco computacional realista de visualización de los comportamientos de los sistemas humanos complejos.	(Gessler, 1995)
Cultura corporativa	Corporative culture	Es el término que se aplica a la cultura en entidades con fines de lucro, a un “tipo específico de organización humana orientado a la producción de mercancías”.	(Belaustegi I., 2012)
Cultura diferenciada	Differentiated culture	A diferencia de la cultura integrada esta perspectiva asume que los diferentes subgrupos organizacionales entienden las manifestaciones culturales de diferente manera. Las relaciones subculturales son vistas como jerárquicas. Esta apreciación explica la existencia de fronteras subculturales dentro de la organización.	(Kappos & Rivard, 2007)
Cultura empresarial	Managerial culture	Se aplica cuando se alude a ese objetivo susceptible de intervención presente en las empresas en general.	(Molina, 2000)
Cultura fragmentada	Fragmented culture	Desde el punto de vista de la fragmentación las ambigüedades pasan a ocupar un papel preponderante y no se consideran anormales, evitables o problemáticas.	(Martin, 2002)
Cultura integrada	Integrated culture	El concepto de cultura integrada expone a la organización como poseedora de una cultura clara, persistente y consistente a través de todas las unidades organizacionales. Se	(Kappos & Rivard, 2007)

		considera que los valores, símbolos, prácticas rituales y supuestos básicos son compartidos por todos los integrantes de la organización.	
Cultura organizacional	Organizational culture	Se utiliza cuando se quiere enfatizar una aproximación teórica o académica. Incluye cualquier clase o tipo de organización, aunque se encuentre fuera del ámbito empresarial. Puede tener diferentes orientaciones (innovación, seguridad, investigación, calidad, etc.).	(Molina, 2000);(March-Chorda & Moser, 2010);(Choudhry, Fang, & Mohamed, 2007)
Cultura social	Social culture	Se considera como información almacenada en la cabeza de las personas, que puede transmitirse entre los individuos y que puede concebirse como las ideas, las creencias, las estrategias de comportamiento, los modelos perceptuales y las estructuras organizacionales que habitan en los cerebros individuales y que pueden ser apropiados por los demás individuos a través de la imitación, la observación, la discusión, la interacción y la enseñanza en el ámbito social.	(Schein, 1988);(Hatch, 1997); (Hatch & Cunliffe, 2006)
Determinismo	Determinism	El determinismo se refiere a la conexión necesaria de todos los sucesos y fenómenos y de su condicionamiento causal. Niega el libre albedrío y, por tanto la libertad y la responsabilidad individual. En la teoría del caos no se puede anticipar con precisión el devenir de los sucesos en razón a la no-linealidad inherente. No existe una relación causa-efecto directa, sino, relaciones mutuas no-lineales en donde una causa genera otras causas como efectos en cadena que a su vez dan origen a otros resultados.	(Lynch Benegas, 2009)
Ecuación logística	Logistic equation	Modelo matemático no-lineal de ecuaciones en diferencias finitas para la evolución del crecimiento de una población.	(Bacaer, 2011)
Efecto mariposa	Butterfly Effect	La metáfora del "Efecto Mariposa" es expresada como una variable de causa y efecto a distancia. Indica que el aleteo de una mariposa en Brasil puede causar un tornado en Texas. Esta metáfora se ha convertido en parte de la lengua vernácula común de la cultura occidental.	(K. J. Dooley, 2009)
El filo del caos	The edge of chaos	Estado de un sistema en donde se sugiere la situación más productiva ya que se considera que es la zona en donde se presenta una mayor capacidad de innovación, adaptabilidad y creatividad.	(Lewin & Regine, 2002); (Solé et al., 1996)
Emergencia	Emergence	Proceso en donde los CAS desarrollan capacidades nuevas y más complejas. De muchas interacciones mutuas a micro-escala pueden surgir nuevos fenómenos macroscópicos, leyes y principios. La emergencia se da en los puntos críticos y se refiere a la autoorganización, proceso que da origen dinámico al aprendizaje, la evolución, la creatividad y la innovación. La emergencia en los sistemas complejos está condicionada a la existencia de trayectorias de realimentación desde el fenómeno a los agentes involucrados.	(Fromm, 2004); (Frijot Capra & Sempau, 2003)

Entropía	Entropy	Se entiende de como la desorganización progresiva de los sistemas y finalmente su homogenización con el entorno. Algunos sistemas pueden revertir este proceso intercambiando, materia, energía e información con el ambiente en un proceso inverso llamado neguentropía.	(Bertoglio, 1993)
Equilibrio	Balance	Es un estado de máxima entropía (equilibrio termodinámico). Es un estado en que las velocidades y las aceleraciones son nulas (equilibrio mecánico).	(Bogoya Maldonado, 1982)
Espacio de fases	Phase space	Un espacio euclídeo n-dimensional como herramienta para la interpretación del caos.	(Gleik, James., 1987)
Espacio de posibilidades	Space of possibilities	Es el conjunto de estados posibles al que un sistema puede llegar en un momento específico de su existencia.	(Mitleton-Kelly, 2003)
Estructura disipativa	Dissipative structure	Son sistemas abiertos con capacidad para localizarse lejos del equilibrio y al mismo tiempo conservar su estabilidad. Esto indica que su estructura se conserva y que su dinámica asociada a los cambios o la disipación posibilita la emergencia de formas de orden nuevas. El aumento de energía en el sistema puede conducirlo a una situación de inestabilidad, en donde pueden emerger estados nuevos.	(Prigogine, 1988); (Frijot Capra & Sempau, 2003)
Evolución	Evolution	Un proceso de cambio o adaptación que ocurre en poblaciones que se someten a la replicación y selección de rasgos heredables.	(Gabora, 2001)
Experimento natural	Natural experiment	Es una estrategia de investigación empírica relativamente nueva, un cuasi-experimento aplicable a las ciencias sociales.	(Trochim, 2007)
Fenómeno contraintuitivos	Counterintuitive phenomenon	Se refiere a comportamientos que se desvían de lo que se espera con base en el sentido común. La lógica formal, o clásica es insuficiente para estudiarlos y/o comprenderlos.	(Forrester, 1971)
Fisicalismo	Physicalism	Es una doctrina de lo real. Todo lo que existe concreto es físico, todas las propiedades mentales son instanciadas en particulares físicos. Lo mental debe ser instanciado en sistemas físicos.	(Kim, 2014)
Fractal	Fractal	La denominación de fractal se debe a que no es posible representar algunas formas mediante las dimensiones enteras de la geometría euclidiana. Los fractales contienen una imagen de sí mismos en cada parte. Los fractales regulares son figuras geométricas autosimilares frente a cambios de escala. Su medida es una indicación del grado en que un sistema ocupa una región.	(Talanquer, 2003);(Mandelbrot, 2009); (Bar-Yam, 1997); (Young & Kiel, 1994)
Grado de un nodo	Degree (of a node in a network)	En una red no dirigida es el número de enlaces que conectan un nodo con otros. En redes dirigidas se usa el grado de entrada (in-degree) o prestigio de entrada también conocido como soporte para la comunicación entrante y el grado de salida (out-degree) o prestigio de salida llamado influencia para las conexiones salientes. El grado total es la suma de los dos anteriores.	(Easley & Kleinberg, 2010)

Grafo	Graph	Es una representación matemática de una red utilizado para modelar relaciones por pares entre objetos. Un grafo consiste de un conjunto de vértices y nodos con ciertos pares de ellos conectados por bordes (no dirigidos) o arcos (dirigidos).	(Barabási, 2014)
Holgura organizacional	Organizational slack	La holgura organizacional se entiende como la diferencia entre los recursos disponibles de una organización y el total de las diferentes demandas sobre esos recursos. Es decir, el exceso de capacidad mantenida por una organización.	(Näslund, 1964)
Holismo	Holism	Se refiere a la idea de que todo importa y todo debe ser tenido en cuenta. Es la manera de ver las cosas en su conjunto, en su totalidad, en su complejidad y sin fragmentación, de manera que se puedan percibir completamente sus interacciones, particularidades y procesos que no son detectables si se examinan por separado.	(González, 2007)
Homofilia	Homophily	Se define como la atracción hacia los otros similares, es el principio que postula que un contacto tiene mayor probabilidad de ocurrir entre personas con alto grado de similitud que entre individuos disimilares.	(Rashotte, 2015);(Flache & Macy, 2006)
Indecibilidad	Indecibility	Es la propiedad de un problema de decisión cuando no es posible solucionarlo a través de un algoritmo.	https://es.wikipedia.org/wiki/Indecibilidad
Inteligencia artificial	Artificial intelligence	Es un campo asociado a la ciencia computacional en el área de la informática que se ocupa de la implementación de simulaciones de la inteligencia humana y en el diseño de dispositivos que se asemejan al desempeño inteligente.	(Gilbert & Troist, 2006).
Intratabilidad	Intractability	Se refiere a problemas donde no existe un algoritmo de tiempo polinomial para resolverlos. Intratable significa “difícil de tratar o de trabajar”.	http://webdiis.unizar.es/asignatura/paras/APD/wp/wp-content/uploads/2013/09/NPcompletosI2.pdf
Lejos del equilibrio	Far From Equilibrium	Si un sistema permanece en equilibrio morirá. Esto es un indicador que los sistemas que son forzado a explorar su espacio de posibilidades fabricaran nuevas estructura y nuevos patrones de relaciones, es decir, conseguirán el camino de la creatividad y la innovación.	(Chan, 2001)
Lo posible adyacente	The adjacent possible	Se interpreta como el conjunto de posibilidades intermedias y específicas disponibles para un sistema evolutivo en algún momento particular de su duración (Kauffman, 2003). El concepto de lo posible adyacente indica que el futuro se construye por parte de los agentes autónomos, a través de la exploración permanente del espacio de posibilidades de un sistema, posibilitando una expansión mayor hacia lo posible adyacente y produciendo una perpetua novedad.	(Kauffman, 2003);(Johnson, 2011)
Mapa Logístico	Logistic map	Es la representación gráfica de la ecuación logística. Sirve como base para el estudio del caos.	(Tricarico & Visentin, 2014)

Mecanicismo	Mechanism	El mecanicismo es una doctrina fundamentada en la idea del reloj universal de Newton, según la cual toda realidad natural posee una estructura comparable a la de una máquina, entonces, puede explicarse con base en modelos mecánicos	(Laguna, 2016);(Burns & Stalker, 1962)
Modelo basado en agentes	Agent-based model	El modelamiento basado en agentes es un método computacional, una forma de la ciencia social computacional que faculta al investigador para crear, analizar y experimentar con modelos compuestos de agentes que actúan dentro de un entorno.	(Cioffi-Revilla, 2010);(Cioffi-Revilla, 2010); Miller & Page, 2007);(Epstein, 2008);(Macal, 2006)
Modelo computacional	Computational Model	Proporciona una descripción matemática de un fenómeno de interés representado el mecanismo por el cual se despliega un proceso dinámico.	(Kozlowski, Chao, Grand, Braun, & Kuljanin, 2013)
Modelos generativos	Generative models	También llamados modelos de emergencia. Este tipo de modelos busca derivar las propiedades y comportamientos del macro-nivel de un grupo o sociedad partiendo de las propiedades y comportamientos del micro-nivel. Mediante el diseño e implementación de sociedades artificiales usadas para crecer estructuras sociales <i>in-sílico</i> se evidencia que “ciertos conjuntos de micro especificaciones resultan suficientes para generar el macro-fenómeno de interés”.	(Epstein & Axtell, 1996)
Multiculturas o subculturas	Multicultures or subcultures	Las organizaciones son entes multiculturales con subculturas que emergen desde los diferentes tipos de grupos o conglomerados que se forman debido a diferentes motivos dentro de las organizaciones, pueden originarse a partir de comunidades ocupacionales, los roles que desempeñan las personas en la organización, el estatus jerárquico de las personas en la organización y el tipo de profesión o disciplina que acreditan o ejercen.	(Edwards, 2009);(V. Maanen & Barley, 1982);(Hofstede, 1998);(Sackman, 1992)
Neguentropía	Negative entropy	Se aplica a la información y los valores que alimentan grupos autogestionados. Es una medida de organización y una propiedad de los sistemas vivos que pueden mantener estados de organización improbables importando energía del ambiente para asegurar su supervivencia.	(Mateos et al., 2002)
Nodo	Node	Nodo, actor o vértice tienen idéntico significado en esta investigación.	(Easley & Kleinberg, 2010)
Orden espontáneo	Spontaneous order	El agregado de un gran número de interacciones sin coordinación o dirección central entre los componentes de un sistema puede producir un comportamiento global ordenado.	(Ladyman & Lambert, 2012)
Pensamiento de segundo orden	Second order thinking	Se refiere a interacciones recursivas entre los diferentes niveles de un sistema (lazos de control y realimentación). En la investigación en ciencias sociales es una manera de observación sistemática que permite al observador la posibilidad de estructurar sistemas de comprensión en una observación recursivamente organizada (autorreferencial).	(Ibáñez, 1991)
Planificación	Planning	Planeación o planeamiento es el proceso de toma de decisiones basado en la predicción de los estados futuros de la organización, sobre qué hacer ahora para alcanzar los objetivos deseados en el futuro.	(McDaniel Jr., 2007b)

Realimentación	Feedback	Es una propiedad necesaria para los sistemas con dinámicas complejas, pero no es una condición suficiente porque los componentes requieren su pertenencia a grandes grupos de individuos para que se manifieste la complejidad. La existencia de retroalimentación no lineal es un elemento crítico de la complejidad que permite la emergencia, la autoorganización, el aprendizaje y una variedad de criterios que son asociados a la complejidad.	(Richardson, 2008)
Reduccionismo	Reductionism	Es una tendencia del pensamiento que indica que las propiedades de un sistema como un todo se pueden explicar por las leyes y propiedades de las partes. “El todo no es más que la suma de las partes”. El conocimiento de lo complejo tiene que producirse a través de sus partes más simples.	(Viniegra Velázquez, 2014).
Robustez y ausencia de control central	Robustness and lack of central control	Como el orden en un sistema complejo está distribuido y no es centralizado, entonces este orden se mantiene a pesar de que el sistema sea perturbado. La robustez es una propiedad del sistema para corregir errores en su estructura.	
Simulación basada en agentes	Agent-based simulation	El modelamiento basado en agentes es un método computacional, una forma de la ciencia social computacional que faculta al investigador para crear, analizar y experimentar con modelos compuestos de agentes que actúan dentro de un entorno.	(Cioffi-Revilla, 2010);(Miller & Page, 2007);(Epstein, 2008);(Macal, 2006)
Sistema abierto	Open system	Son conjuntos de elementos que pueden importar y procesar materia, energía e información del medio circundante. Es una característica de los sistemas vivos que establecen intercambios constantes con el ambiente los cuales determinan sus estados, su capacidad de reproducción y continuidad. Extraen orden del medio para reemplazar el desorden producido por sus procesos vitales.	(Johansen Bertoglio, 1993)
Sistema aislado	Isolated system	No tienen procesos de intercambio con el ambiente de ninguna naturaleza. La conclusión es que prácticamente no existe tal cosa denominada verdaderamente como sistema aislado.	(Johansen Bertoglio, 1993)
Sistema cerrado	Closed system	Es un sistema totalmente autocontenido, solo puede intercambiar energía con el medio, no materia ni información. Pueden ocurrir interacciones entre sus elementos internos.	(Johansen Bertoglio, 1993)
Sistema complejo	Complex system	Un sistema complejo conlleva diversidad, es decir una amplia variedad de elementos interactuantes de cuyas interacciones emerge un comportamiento global como una totalidad.	(Navarro Cid, 2001)
Sistema complejo adaptativo	Complex adaptive system	Un sistema es complejo adaptativo si tiene la propiedad de modificarse o cambiarse aprendiendo de las experiencias. Se caracterizan por una novedad perpetua. Los sistemas complejos adaptativos (CAS) comprenden un campo de estudio de alto nivel de abstracción y su correspondiente marco de referencia, desafiando la investigación reduccionista, para el estudio de los sistemas naturales y artificiales que resultan impermeables a las técnicas tradicionales de análisis.	(Waldrop, 1994);(Holland, 1995);(Brownlee, 2007)

Sistema dinámico	Dynamical system	Son sistemas con la capacidad de almacenar energía e información, lo que implica regímenes transitorios en su desempeño, aunque su evolución es predecible si se mantienen dentro de los criterios de linealidad. En el marco de la complejidad significa conjuntos de elementos que pueden generar comportamientos no predecibles cuando pasan a ser no-lineales, lo que es la generalidad en los sistemas humanos.	(López-Paredes & Pavon, 2009, p. 22)
Sistema lineal	Lineal System	Se refiere a sistemas cuyo comportamiento cumple los principios de superposición y homogeneidad. Es decir, se puede inferir que “el todo es igual a la suma simple de las partes”.	(Russel L. Ackoff, 2004)
Sistemas multiagente	Multiagent System	Son sistemas compuestos de múltiples elementos computacionales activos denominados agentes que están en interacción continua y se representan en un computador como programas de software haciendo posible la representación de un fenómeno como el resultado de las interacciones de un conjunto de agentes autónomos.	(M. J. Wooldridge, 2002).
Sistemas No lineales	Non lineal system	No cumplen el principio de superposición, es decir, las soluciones del comportamiento de un sistema no pueden obtenerse desde las soluciones del comportamiento de las partes. La importancia de las condiciones iniciales en el comportamiento y resultados del desempeño de los sistemas dinámicos complejos es crucial. El mismo sistema puede presentar respuestas totalmente diferentes ante una misma excitación, dependiendo de las condiciones iniciales con las cuales se estimuló el sistema.	(Kalil, 1996);(Strogatz, 2000); (Mainzer, 2007)
Sistemas o fenómenos complejos	Complex systems or phenomena	Son organizaciones compuestas de muchas partes heterogéneas interactuando localmente en ausencia de un control centralizado dando como resultado dinámicas globales emergentes. los elementos interactúan con dinámicas no lineales y se presentan lazos de retroalimentación de doble sentido positivos y negativos	(Fontana & Ballati, 1999);(Boccaro, 2010)
Sistemas o fenómenos complicados	Complicated systems or phenomena	Son aquellos que presentan características de reductibilidad. No son sistemas simples, sino más bien una colección de ellos, por tanto, pueden descomponerse en sus partes y sumar los resultados de ellas para obtener el desempeño total.	(Gul & Khan, 2011)
Sistemas o fenómenos simples	Simple systems or phenomena	Pueden ser sujetos de análisis en el sentido cartesiano. En el análisis de estos sistemas priman las ideas del sentido común de: 1) “una única causa y un solo efecto”; 2) “pequeños desvíos en la causa producen pequeños cambios en los efectos” y; 3) “el comportamiento no es sorprendente, es predecible. En estos sistemas la causa y efecto se encuentran completamente vinculados y son conocidos por que la predictibilidad es alta.	(Erdi, 2010);(Obolensky, 2014)
Sociedades artificiales	Artificial socities	Corresponden a modelos de computador de procesos sociales basados en agentes en donde las estructuras y los comportamientos colectivos emergen desde las interacciones de los individuos que se desenvuelven en un entorno bajo unas reglas de comportamiento y decisión preestablecidas. Los agentes se comportan como las personas de las sociedades artificiales. Los experimentos tienen tres componentes básicos: agentes, entorno y reglas.	(Epstein & Axtell, 1996); (Gilbert & Troist, 2006)

Sociograma	Sociogram	Son como “una representación de las relaciones sociales basada en grafos” que conduce a visualizar intuitivamente los patrones contenidos en datos cuantitativos. El sociograma es la expresión gráfica de la sociomatriz.	(Reynoso, 2011)
Sociomatriz	Sociomatrix	Los datos suministrados por N participantes en un proceso sociométrico se registran en una sociomatriz (una matriz cuadrada de dimensión NxN).	(Oportus V., 2012).
Teoría de juegos	Games theory	El estudio matemático de la toma de decisiones en situaciones de cooperación o conflicto con múltiples actores cada uno intentando maximizar su propia ganancia o utilidad	(Easley & Kleinberg, 2010)
Transición de fase	Phase transition	En las transiciones de fase, por ejemplo: cuando el agua se transforma en hielo. “En los sistemas sociales, cuando una organización se mueve de una forma de equilibrio o desde patrones establecidos de trabajo y comportamiento, se crean nuevas formas de trabajo y, nuevas formas de organización pueden emerger”.	(Mitleton-Kelly, 2003)
Vida artificial	Artificial life	La vida artificial (Alife) es un campo de estudio dedicado a entender la vida como proceso a través de la estructuración de teorías generales que subyacen en los fenómenos biológicos, recreando esos fenómenos en otros medios físicos como los computadores con lo que se pueden realizar nuevos tipos de manipulaciones y pruebas experimentales. La vida artificial es “vida hecha por el hombre más que por la naturaleza” realizada <i>in silico</i> en donde se utilizan células artificiales en vez de células vivas.	(Langton, 1988)

Fuente: Realización propia

Anexo D. Criterios de Validez de una Investigación Cualitativa

La Credibilidad. El concepto de *valor de verdad* de la corriente naturalista es el criterio de *credibilidad* del paradigma racionalista, es una acepción paralela a la validez interna y está basado en el supuesto de que hay una única y tangible realidad a ser medida. Indica si los hallazgos de la investigación derivados de los datos suministrados por los participantes corresponden a una información razonable y si la interpretación correcta de los participantes se fundamenta en estos puntos de vista.

La Transferibilidad. La *aplicabilidad* se refiere al grado al cual los hallazgos de una investigación particular se pueden aplicar a otros contextos o grupos (Guba, 1981) que aporta dos perspectivas apropiadas para la investigación cualitativa. La primera asume que la idea de generalización no es importante en muchos trabajos cualitativos ya que cada situación es única y se implementa con un investigador particular, con interacciones particulares e informantes particulares (Krefting, 1991). La segunda posibilidad se refiere a la *transferibilidad* que depende de la validez externa de los hallazgos como el criterio contra el cual la aplicabilidad de los datos cualitativos es evaluada. Este criterio se cumple si los hallazgos se ajustan dentro de contextos fuera de la situación de estudio con un buen grado de similaridad entre los dos contextos (Guba, 1981). De todas maneras, la transferibilidad está relacionada en función directa con la similaridad de los contextos. Otro renombrado investigador en psicometría, Cronbach (1975) es de la opinión que la alta variabilidad y los límites conceptuales de los fenómenos sociales impiden las generalizaciones empíricas ya que “*las generalizaciones decaen. En un momento una conclusión describe bien la situación existente, un tiempo más tarde la recuenta con bastante poca variación y finalmente es válida solo como historia*” (Cronbach, 1975) aludiendo a las diferencias de espacio y tiempo sobre dos contextos diferentes.

La Fiabilidad o Fidelidad. Es un indicador del grado en que las respuestas son independientes de las circunstancias accidentales de la investigación. Es decir, indica la factibilidad de repetición de la obtención de las mismas medidas cuando se utilizan los mismos instrumentos en las mismas circunstancias. Esto permitiría que otros investigadores puedan replicar las estrategias analíticas originales. Pero, la determinación de la fiabilidad en las investigaciones cualitativas se dificulta cuando se trata de la replicación debido a que se han realizado en contextos naturales que no se pueden reproducir exactamente y además se suma la condición dinámica que es connatural a los actos humanos. La intención del registro de procesos de cambio, común a los estudios cualitativos, incrementa la vulnerabilidad de estos. Goetz y LeCompte (1988) estiman que en las investigaciones (etnográficas) los escenarios originales no pueden ser reconstruidos con absoluta precisión, al tiempo que sostienen que, aunque se lograra la duplicación exacta de las condiciones y los métodos de un experimento se pueden obtener resultados diferentes a los originales (Goetz & LeCompte, 1988).

Estos autores recomiendan cinco estrategias para aumentar la fiabilidad de los resultados en los estudios cualitativos:

El estatus del investigador. Hasta qué punto los investigadores son miembros del grupo que estudian y que papel desempeñan en ese entorno; *La selección de informantes.* El rol del investigador lo habilita para realizar una selección de los participantes apropiada a los fines del trabajo. Cada informante tiene diferente información y no posee todos los datos del contexto. Es conveniente incluir en los informes las razones para la elección de los participantes y descripciones detalladas de estas personas; *Las situaciones y condiciones sociales.* Los informantes pueden cambiar la información dependiendo del contexto y de las circunstancias. Esta dificultad se atenúa mediante la descripción de los contextos físicos, sociales e interpersonales; *Las premisas y constructos analíticos.* Las definiciones de los conceptos deben tener la suficiente claridad e intersubjetividad para que resulten comprensibles a otros investigadores y a los mismos participantes.

Los métodos de recogida y análisis de datos. Se debe realizar una presentación impoluta sobre estos dos aspectos.

La Confirmabilidad. Es el término naturalista para expresar la *neutralidad* u *objetividad* dentro del paradigma racionalista que debe garantizar que los hallazgos de una indagación son función exclusiva de los sujetos encuestados y las condiciones de la indagación y que no están contaminados por los sesgos, motivaciones, intereses y perspectivas del investigador (Guba, 1981). A pesar de la dificultad de separación total del investigador del proceso de indagación (Patton, 2002).

La Integridad. Es el grado al cual las informaciones erróneas, las evasivas, las declaraciones falseadas y las malas representaciones por parte de los entrevistados no han logrado contaminar la interpretación del investigador (Wallendorf & Belk, 1989; Zapata Domínguez et al., 2006). Las alternativas propuestas por estos autores a la solución de este problema se concretan en:

Compromiso prolongado y construcción de buenas relaciones de confianza. Monitoreando permanentemente los exabruptos y distorsiones en las declaraciones.

Buenas técnicas de entrevista. El empleo máximo de habilidades y creatividad pueden ayudar a eliminar la información errada y ayudar en su detección. Las entrevistas se deben iniciar con preguntas generales no amenazantes que cubren una agenda amplia sin mucho detalle.

Triangulación. Puede hacerse a través de fuentes, métodos e investigadores.

La Coherencia. Es un atributo de las buenas investigaciones cualitativas entendidas como las que buscan la comprensión de la realidad y aportan al saber administrativo. Para Zapata et al (2006) la coherencia se puede concretar en cuatro dimensiones: *La comprensión de la ontología del problema por parte del investigador.* Los principios fundacionales que están inmersos en el fenómeno que se estudia. *El marco teórico y su fundamento epistemológico.* Los criterios de validez que el investigador adopta para interpretar la realidad. *La coherencia y la lógica de la recolección de los datos y su tratamiento metodológico.* Su coherencia y su emergencia desde el marco teórico y *El itinerario personal del investigador.* Su pasado y su posición ética, su trayectoria como investigador, su identidad, en esencia su impronta personal garantizando que la relación entre el objeto y el método será gestionada apropiadamente (Zapata Domínguez et al., 2006).

Anexo E. Publicaciones

- i. ***La complejidad de la cultura en la universidad pública: un fenómeno que incide en la efectividad de la educación superior en Colombia.*** Revista Universidad y Empresa. Rodrigo Martínez Díaz, Álvaro Zapata Domínguez. Junio de 2013.
- ii. ***Las ciencias sociales y los dispositivos de la complejidad.*** Cuadernos de Administración / Universidad del Valle / Vol. 29 N° 5 124 0 / julio - diciembre de 2013. Rodrigo Martínez Díaz, Álvaro Zapata Domínguez.
- iii. ***La Cultura Organizacional como un Sistema Complejo: Emergencia, Evolución y Adaptación a través del Modelamiento y la Simulación.*** II Congreso Nacional y I Internacional de la Red de Investigadores en Administración. Universidad del Quindío, Armenia. 24, 25, y 26 de octubre de 2013. Publicado en las memorias del Congreso. ISSN 2357-4860 de 2014-01. Rodrigo Martínez Díaz; Álvaro Zapata Domínguez.
- iv. ***Complejidad Organizacional: Nuevos Desafíos, Nuevos Rumbos.*** XI Congreso Internacional de Análisis Organizacional. Universidad EAFIT, Medellín del 13 al 15 de noviembre de 2013. Publicado en memorias del congreso. ISBN: 978-958-8719-19-1. Rodrigo Martínez Díaz; Álvaro Zapata Domínguez.
- v. ***Nuevas Perspectivas para la Investigación en las Ciencias Sociales: el Comportamiento Colectivo a Través del Modelamiento Computacional.*** Universidad del Magdalena, Encuentro Internacional de Investigadores en Administración 2013. Noviembre 26 y 27 de 2013 Santa Marta, Colombia. Rodrigo Martínez Díaz; Álvaro Zapata Domínguez.

Anexo F. Seudocódigo

Procedimiento Setup

Para cada Agente:

- Inicializar sus *características* y *confidencias*
- Construir la *lista-de-regiones* con las *características* de cada agente

Fin del Procedimiento Setup

Procedimiento Run

Con una probabilidad equivalente al valor de la variable *mutation_rate*:

- Seleccionar aleatoriamente un agente y guardarlo en la variable *agente_activo*
- Cambiar aleatoriamente (mutar) una característica del *agente_activo*

Seleccionar de nuevo un agente aleatoriamente y guardarlo en la variable *agente_activo*

Si la interacción aleatoria está activada:

- Seleccionar aleatoriamente otro agente y guardarlo en la variable *agente_partner*

Si no:

- Seleccionar aleatoriamente otro agente de entre quienes están en la vecindad del *agente_activo*, y guardarlo en la variable *agente_partner*

Calcular el solapamiento (overlap) entre el *agente_activo* y el *agente_partner* comparando cada una de sus *características*. // *Dos agentes similares tendrán un overlap grande*

//*Calcular interacción entre agentes*

Si el overlap entre los agentes supera la *similaridad* mínima requerida para que haya interacción:

- Guardar la *confidencia* del *agente_activo* hacia el *agente_partner* en la variable *confidencia*
- Si la influencia social repulsiva está activada:
 - Restar el valor de *grado_repulsivo* a *confidencia* de forma que los valores negativos se vuelvan repulsión
 - Si la *confidencia* toma un valor negativo y supera el valor de *umbral_de_repulsión*:
 - Seleccionar aleatoriamente una característica del *agente_activo* que sea igual a la del *agente_partner* y cambiarla aleatoriamente por una diferente
- Si la *confidencia* supera el valor de *umbral_de_confidencia*:
 - Seleccionar aleatoriamente una *característica* del *agente_activo* que sea diferente a la del *agente_partner* y cambiarla por la del *agente_partner*

Actualizar la *lista-de-regiones*

Fin del Procedimiento Run