

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería
Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería



**Desarrollo de una Metodología de Agencias
Distribuidas en la Formación de los Grupos Sociales
y la Aplicación de Sistemas Multi-nivel Utilizando
la Simulación**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS

Presenta:

BOGART YAIL MÁRQUEZ LOBATO

Bajo la dirección de:

DR. MANUEL CASTAÑÓN PUGA

Co-dirección de:

DR. EUGENIO SUÁREZ MEJÍA

DRA. DORA LUZ FLORES GUTIÉRREZ

TIJUANA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

JUNIO DEL 2011

Este trabajo está dedicado a mi esposa, a la mujer que amo y me ha motivado constantemente a superarme.

Y a mis padres que me enseñaron, que cuando alguien da todo lo que tiene merece la victoria pero cuando alguien da más de lo que tiene merece la gloria.

Universidad Autónoma de Baja California

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA

COORDINACIÓN DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

FOLIO No. 065

Tijuana, B. C., a 30 de agosto de 2011

C. BOGART YAIL MÁRQUEZ LOBATO

Pasante de: Doctor en Ciencias

Presente

El tema de trabajo y/o tesis para su examen profesional, en la
Opción TESIS

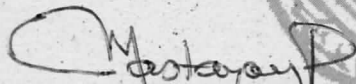
Es propuesto, por los C. Dres. Manuel Castañon Puga, Eugenio Suárez Mejía y
Dora Luz Flores Gutiérrez

quienes serán los responsables de la calidad de trabajo que usted presente,
referido al tema Desarrollo de una Metodología de Agencias Distribuidas en la
Formación de los Grupos Sociales y la Aplicación de Sistemas Multi-nivel Utilizando la
Simulación.

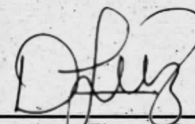
el cual deberá usted desarrollar, de acuerdo con el siguiente orden:

- I.- INTRODUCCIÓN
- II.- MARCO TEÓRICO
- III.- METODOLOGIA
- IV.- AGENCIAS DISTRIBUIDAS
- V.- RESULTADOS
- VI.- DISCUSIÓN
- VII.- CONCLUSIONES

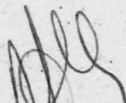
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE BAJA CALIFORNIA



Dr. Manuel Castañon Puga
Director de Tesis

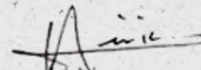


Dra. Dora Luz Flores Gutiérrez
Co-Director de Tesis

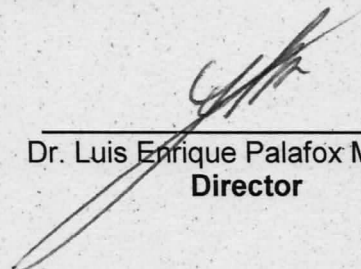


Q. Noemí Hernández Hernández
Sub-Director Secretario

FACULTAD DE CIENCIAS
QUÍMICAS E INGENIERÍA



Dr. Eugenio Suárez Mejía
Co-Director Externo



Dr. Luis Enrique Palafox Maestre
Director

Agradecimientos

Deseo agradecer a CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), por la asistencia económica durante los tres años del Doctorado de Ciencias e Ingeniería y al cuerpo docente de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California por el apoyo brindado en el transcurso del periodo académico.

Bogart Yail Márquez Lobato

Resumen

La metodología se refiere a las formas por las cuales la realidad y el conocimiento pueden ser estudiados, la metodología no pone en tela de juicio el conocimiento ya aceptado como válido por la comunidad científica sino que se concentra en la búsqueda de estrategias para ampliar el conocimiento. Este trabajo está motivado por la necesidad de establecer una metodología para el estudio de sistemas sociales complejos, en situaciones en las que el análisis convencional no es suficiente para describir la complejidad de los fenómenos sociales reales y actores sociales. La metodología propuesta en general describe el uso de varias técnicas computacionales y teorías interdisciplinarias. Este creciente consenso debe ser capaz de describir todos los aspectos de la vida social, así como servir como un lenguaje común en el que las diferentes teorías pueden ser contrastadas.

Abstract

The methodology refers to the forms in which reality and knowledge can be studied; it does not question knowledge that has been accepted as true by the scientific community but instead concentrates on strategies to expand the knowledge. This work is motivated by need to establish a methodology for the study of complex social systems in situations where conventional analysis is insufficient in describing the intricacies of realistic social phenomena and social actors. The proposed general methodology we describe requires the use of all available computational techniques and interdisciplinary theories. This growing consensus must be able to describe all aspects of social life as well as serve as a common language in which different theories can be contrasted.

Índice general

1. Introducción	2
2. Marco teórico	4
2.1. Complejidad	4
2.1.1. Sistemas Complejos	11
2.1.2. Sistemas Complejos Adaptivos	13
2.1.3. Sistemas Multi-agentes	21
2.2. Modelado computacional	23
2.2.1. Modelado de sistemas complejos	24
2.2.2. Modelado basada en agentes	26
2.2.3. Inteligencia computacional	31
2.2.4. Simulación Social	39
2.3. Aplicaciones	41
2.3.1. Sistemas sustentables	41
2.3.2. Sistemas toma de decisiones	43

2.3.3. Sistemas sociales	46
2.3.4. Comportamiento social	47
3. Metodología	57
3.1. Hipótesis	58
3.1.1. Hipótesis 1	58
3.1.2. Hipótesis 2	58
3.1.3. Hipótesis 3	58
3.2. Objetivos	59
3.2.1. Objetivo principal	59
3.2.2. Objetivos específicos	59
3.3. Metas	59
3.4. Metodología	60
3.5. Primera etapa	61
3.6. Segunda etapa	62
3.7. Tercera etapa	62
4. Agencias distribuidas	64
4.1. Agencia distribuida	64
4.2. Niveles de Agencias	65
4.3. Metodología Propuesta	67
4.3.1. Determinación de los niveles de agencia y sus relaciones:	69

4.3.2. Minería de datos:	69
4.3.3. Generación de las reglas:	70
4.3.4. Modelización basada en agencias distribuidas:	70
4.3.5. Implementación:	71
4.3.6. Validación del modelo:	72
4.3.7. Experimento de simulación y optimización:	72
4.3.8. Análisis de datos de salida:	72
5. Resultados	73
5.1. Primer Caso de Estudio	73
5.2. Segundo Caso de Estudio	84
5.2.1. Determinar Niveles de Agencia	86
5.2.2. Minería de datos	91
5.2.3. Generación de reglas	92
5.2.4. Modelo de Agencias Distribuidas	96
5.2.5. Implementación	98
5.2.6. Validación del modelo	98
5.2.7. Simulación y optimización	101
5.2.8. Análisis de datos de salida	102
5.3. Tercer Caso de Estudio	103
5.3.1. La sociedad del conocimiento	104
5.3.2. Agencia distribuidas	106

5.3.3. Minería de datos y Sistema Neuro Fuzzy	107
5.3.4. Caso de estudio	109
5.3.5. Investigación de la muestra	110
5.3.6. Modelización de Agencias distribuidas	112
5.3.7. Análisis de resultados	113
6. Discusión	114
7. Conclusiones	118

Índice de figuras

4.1. Metodología Propuesta	68
5.1. Representación de Múltiples Niveles.	75
5.2. Niveles de Agencia representados en el sistema social	76
5.3. Niveles de Agencia representados en el municipio de Tijuana	77
5.4. Arquitectura de la red con las variables de pobreza	79
5.5. Distribución de pobreza en base a las variables seleccionadas	80
5.6. Reglas Generadas para la Pobreza	81
5.7. Resultados de la distribución de Pobreza.	82
5.8. Tijuana dividida en Agebs, cada Ageb se asigna un Agente utilizando Netlogo	82
5.9. Diferentes niveles de una ciudad (Camagni,1994)	87
5.10. Sistema sustentable	88
5.11. Arquitectura de la Sustentabilidad	96
5.12. Reglas Generadas de la sustentabilidad	96
5.13. Modelo Bottom-up y top-down de la población	97

5.14. Gráfica de las variables seleccionadas para medir el sistema sustentable	99
5.15. Nivel macro de la sustentabilidad, implementado en Netlogo	101
5.16. Nivel meso de la sustentabilidad, implementado en Netlogo	102
5.17. Evolución de los negocios hacia la Sociedad del Conocimiento	106
5.18. Metodología Aplicada	111
6.1. Metodología de Cioffi–Revilla	116

Índice de cuadros

5.1. Las empresas seleccionadas para llevar a cabo esta investigación son: . . .	111
--	-----

Capítulo 1

Introducción

La simulación social consiste básicamente en generar mundos sociales artificiales con la capacidad de producir resultados similares a los del mundo social real, lo que permite su control, reciclaje y cambio de parámetros; lo que no es propio de la modelación matemática [Gershenson, 2002]. La Simulación social es un campo muy amplio y multidisciplinario que ha ido creciendo impresionantemente desde la década de 1990. Mientras que la simulación se está abriendo a nuevos horizontes para la investigación de sistemas tradicionales, aun no se han podido resolver toda una serie de cuestiones epistemológicas [David et al., 2010]

Por otra parte, el estudio de la ciencia social se enfrenta a limitaciones que van más allá de sus capacidades de procesamiento de información, con la tecnología de agentes se puede proporcionar a la investigación técnicas y metodologías para construir o apoyar teorías [Davidsson, 2002].

La tecnología de agentes está teniendo gran aceptación en los últimos años en diferentes campos de la ciencia y, como consecuencia, se está comenzando a implementar como técnica de la simulación. La tecnología de agentes, son programas computacionales

que se utilizan para representar a los actores sociales ya sean personas, organizaciones, empresas. Estos están programados para reaccionar ante el entorno del sistema programado, donde este entorno es un modelo del ambiente real en el que los actores sociales operan [Gilbert, 2007].

Una característica fundamental de los modelos basado en agentes es que los agentes puedan interactuar, es decir, pueden transmitir mensajes informativos a los demás y actuar sobre la base de lo que aprenden de estos mensajes. Los mensajes pueden representar el diálogo hablado entre personas o medios indirectos, más que un flujo de información, tales como la observación de otro agente o la detección de los efectos de las acciones de otro agente. En la posibilidad de modelar el agente las interacciones entre el agente es la principal forma en la que el modelado basado en agentes difiere de otros tipos de modelos computacionales [Gilbert, 2007].

El empleo de éstas técnicas se vuelve más complejo a medida que el número de agentes de los sistemas aumenta. Aunque en la comunidad multi-agente se ha mencionado que es necesario el desarrollo y aplicación de metodologías, sorprendentemente se ha abarcado muy poco dejando muchas áreas de las ciencias sin poder aplicar estas técnicas.

Capítulo 2

Marco teórico

2.1. Complejidad

Algunos artículos mencionan que no existe una definición clara de la complejidad siendo un aspecto problemático aun existente [Adami, 2002, Heylighen, 2008], el autor Warren Weaver en su artículo la ciencia y la complejidad [Weaver, 1948] trata de abarcar esta definición desde los problemas de la simplicidad. Y menciona que en épocas pasadas, la ciencia física aprendió a simplificar las variables, y con esto se crearon nuevas tecnologías: como el teléfono, la radio, el automóvil, el avión, la turbina, la planta moderna de energía hidroeléctrica, etc. Y por parte de la biología y medicina los problemas se analizarían diferentes ya que difícilmente pueden mantener una constante. Los seres vivos son más propensos a presentar situaciones de mucha interconexión y en que la cantidades importantes no son cuantitativas, Por ello los problemas biológicos y médicos a menudo implican una consideración de un conjunto más complejamente organizado [Weaver, 1948].

Los científicos de física, los matemáticos a menudo en la vanguardia, desarrollaron

técnicas de gran alcance de la teoría de probabilidad y de la mecánica estadística para hacer frente a lo que llamaban problemas de desorganización compleja.[Betterton, 2008] Weaver pone el ejemplo del billar que es fácilmente predecir la trayectoria de una bola de billar con la geometría de las matemáticas y la por la física, pero se vuelve inmanejable considerando millones de bolas que chocan entre sí y con las partes laterales. Pero algunas preguntas pueden contestarse como el promedio de cuantas bolas alcanzo un tramo determinado. Por ello la estadística es válida únicamente cuando se estudia de manera desorganizada y se distribuyen, un orden. De hecho este método tiene mayor precisión cuando el número de variables aumenta. Un ejemplo muy claro es el de los seguros de cómo las aseguradoras no puede saber de manera precisa que persona tendrá un accidente, pero si puede tener un estimado promedio de los accidentes en cierto tiempo. Menciona que el nuevo método de tratar con la complejidad desorganizada, pasa sin estudiar la parte intermedia, debido a simplificar en exceso, a partir de dos variables y luego pasa a un número astronómico, sin explicar la región intermedia. Los problemas en esta región media, de hecho, a menudo implican un considerable número de variables. El carácter más importante de la problemas de esta región centro, que la ciencia tiene muy poco explorado. De hecho, uno puede referirse a este grupo de problemas como los de la complejidad organizada [Weaver, 1948].

Otros autores como Christoph Adami [Adami, 2002] nos dicen que existe definiciones de la complejidad en los sistemas dinámicos y para los organismos biológicos, pero tienen desventajas de carácter conceptual o práctico, donde desarrollan modelos matematicos para demostrar su teoría.

Mitchelle y Newman menciona que un “sistema complejo” es un grupo u organización que se compone de la interacción de muchas partes. Los sistemas complejos incluyen como por ejemplo el clima mundial, las economías y el sistema inmunológico. En esos sistemas las partes individuales llamadas “componentes” o “agentes” y las in-

teracciones entre ellos conducen a menudo a gran escala de los comportamientos que no son fácilmente predecibles a partir de un conocimiento sólo de la conducta de los agentes individuales [Mitchell and Newman, 2002].

Adami se enfocan en demostrar una complejidad física, basada en la teoría autómatas y teoría de la información, es una medida sencilla e intuitiva de la cantidad de la información que un organismo almacena en su genoma, por el medio ambiente en el que evoluciona. Se argumenta que la complejidad física debe aumentar en la evolución molecular de organismos asexuales en un nicho único si el entorno no cambia, debido a la selección natural [Adami, 2002].

Heylighen hace una crítica mencionando que decenas o cientos de autores han propuesto algunas definiciones vagas y cualitativas, algunas otras formales y cuantitativas, pero ninguna de estas realmente satisfactoria. Los formales tienden a ser demasiado específicos, siendo aplicable únicamente a las cadenas binarias o genomas, como es el caso del artículo de Adami [Adami, 2002], pero no existe formalismos a sistemas complejos en general [Heylighen, 2008]. Este autor menciona que incluso dentro del universo las cadenas binarias (ceros y unos), la mejor definición de la complejidad sería el programa binario necesario para generar la cadena. Esto implicaría que una cadena aleatoria sería máximo complejo. Las descripciones cualitativas pueden ser breves y vagas, como esta definición: “la complejidad es situado entre orden y desorden”.

Los autores tratan de caracterizar los sistemas complejos proporcionando extensas listas o tablas de propiedades que los sistemas complejos tienen y que los distinguen de sistema simple. Tales como: máximo número de componentes o agentes, interacciones locales, dinámica no lineal, propiedades emergentes, auto-organización, múltiples bucles de realimentación, múltiples niveles, adaptación a su medio ambiente, etc . Las diferentes listas no hay acuerdo sobre lo que debe ser incluido. Por otra parte, las

propiedades no suelen ser independientes. Por ejemplo, la auto-organización, son procesos que normalmente producen propiedades emergentes, e implica la no-linealidad. Entonces, no todas las propiedades son realmente necesarias.

La definición que nos da Heylighen [Heylighen, 2008] de lo que es la complejidad lo extrae de la misma raíz latina *complexo*”, que significa algo así como *“enredados, entrelazados, que abarca”*. El interpreta este significado, a fin de tener un complejo, es necesario dos o más componentes distintos que están conectados de manera que son difíciles de separar, produciendo propiedades emergentes. Un sistema se vuelve más complejo con el número de distinciones (componentes distintos, estados, o aspectos) y el número de relaciones o conexiones aumenta. El problema con esta definición es que no da lugar a un número único o grado que nos permitan medir objetivamente la complejidad de un fenómeno que es. La razón es que las distinciones y las conexiones no son objetivamente dadas, fácilmente entidades contables: ya que existen en diferentes niveles, en diferentes dimensiones, y, en diferentes tipos. A pesar de esta limitación, esta definición tiene algunas características favorables: es sencilla e intuitiva [Heylighen, 2008].

Morin en su artículo trata de dar una explicación del por qué la problemática de la complejidad apareció tan tarde [Morin, 2008]

Los tres principios de la desestimación de la complejidad de 'la ciencia clásica' La ciencia clásica rechazó complejidad en virtud de tres motivos fundamentales de principios: (1) El principio del determinismo universal, de conocer todos los acontecimientos pasados, sino también de prever todos los eventos en el futuro. (2) El principio de reducción, que consiste en conocer cualquier señal de compuesto a partir del conocimiento sólo de sus elementos básicos que constituyen. (3) El principio de la separación, que consiste en el aislamiento y las dificultades cognitivas que separa unos de otros, que

conducen a la separación entre disciplinas. Estos principios se llevó a extremadamente brillante, importante, y la evolución positiva de los conocimientos científicos hasta el punto donde los límites de la inteligibilidad que se constituyó fue más importante que sus aclaraciones.

En esta concepción científica, la noción de “complejidad” es absolutamente rechazada. Por un lado, generalmente significa que la confusión y la incertidumbre; la expresión “es complejo”, de hecho, expresa la dificultad de dar una definición o explicación. Por otra parte, ya que el criterio de la verdad de la ciencia clásica se expresa por leyes simples y conceptos, la complejidad se refiere sólo a las apariencias, que son superficiales o ilusorios. Aparentemente, los fenómenos surgen de un modo confuso y dudoso, pero la misión de la ciencia es para buscar, detrás de las apariencias, el orden oculto que es la auténtica realidad del universo. La complejidad es invisible en la sección disciplinaria de la realidad. De hecho, el primer significado de la palabra viene del latín *Complexus*, que significa lo que está tejido en conjunto. La peculiaridad, no de la disciplina en sí misma, sino de la disciplina, tal como está concebido, no comunicarse con las otras disciplinas, cerrado a sí mismo, naturalmente, se desintegra la complejidad. Por todas estas razones, se entiende por qué la complejidad era invisible o ilusoria, y por qué el término fue rechazado deliberadamente.

La complejidad haría su aparición de hecho con la segunda ley de la termodinámica, que indica que degrada la energía en forma de calorías:

Este principio se encuentra dentro del ámbito de aplicación de la irreversibilidad del tiempo, mientras que hasta entonces las leyes físicas, en principio, reversible y que, incluso en la concepción de la vida, el fijismo de las especies no necesitan tiempo. El punto importante aquí no es sólo la irrupción de la irreversibilidad, por lo tanto el tiempo, pero es también la aparición de un trastorno ya que el calor se concibe

como la agitación de las moléculas, el movimiento desordenado de cada molécula es impredecible, excepto en una escala donde la distribución estadística las leyes se puede determinar de manera eficaz. Interacción Orden / Desorden / Organización ¿Cómo es que ambos fenómenos están relacionados? Esto es lo que trata de mostrar Morin en el su método. El cual propone asociar el antagonista de los principios de orden y desorden, y asociarlas a hacer otro principio que emerge es el de la organización. Aquí es en realidad una visión compleja, que se ha negado a considerar durante un tiempo muy largo, porque no se puede concebir que el trastorno pueda ser compatible con el orden, y que la organización pueda estar relacionada con trastornos en absoluto, ser antagonista de ella [Morin, 2008].

Sin embargo autores como Klein maneja el termino de complejidad en el cual debe verse en una relación interdisciplinaria [Klein, 2004]. Ya que el tratar un tema complejo es demasiado amplio para ser tratado adecuadamente por una sola disciplina o profesión. La colaboración interdisciplinaria es necesaria porque los problemas complejos no pueden ser resueltos simplemente con el conocimiento de una sola disciplina. Por lo que este autor afirma es que la complejidad no es menos plural que la interdisciplinariedad. La complejidad y la interdisciplinariedad están unidas en una amplia gama de prácticas, a partir de los estudios literarios, física, biología, políticas públicas y estudios ambientales [Klein, 2004]. Una vez que se describe como una fundación o estructura lineal, el conocimiento hoy en día se representa como una red o una red con varios nodos de conexión, y un sistema dinámico.

La convergencia de la interdisciplinariedad y la complejidad es parte de una red cultural amplia de conocimientos que se han vuelto más evidente, y que se ha llevado acabo en tecnologías de información, transporte internacional de mercancías y personas; nuevas redes y particularidades culturales; estos avances han sido agrupadas bajo el término genérico de postmodernismo. Klein también maneja el concepto de bio-

complejidad el cual explica es una visión interdisciplinaria de las interacciones dentro de los sistemas biológicos y con el ambiente físico. Otro concepto de complejidad que menciona es la misma sostenibilidad ya que integra las dos las ciencias sociales y las ciencias naturales en la investigación medioambiental [Klein, 2004].

La ciencia es claramente una forma de resolver los problemas, no todos los problemas. Los problemas con los que la ciencia puede hacer frente son los que están sujetos a las leyes básicas de la lógica, y son mensurables. La ciencia es una forma de organizar el conocimiento reproducible acerca de problemas, decidir qué es relevante y qué no lo es; de manera imparcial; encontrar, interpretar y enfrentarse a los hechos, y de que la naturaleza sirva al hombre. La investigación conocida como el método científico es lo que es importante sobre la ciencia. Pero se debe ser honesto, tener una mentalidad abierta, y el amor de la verdad. Weaver dice que debemos, dejar de pensar que la ciencia debe ser considerada como una magia negra capaz de lograr cualquier cosa. Sí, la ciencia es una herramienta poderosa, y tiene un historial impresionante. Sin embargo, el humilde científico racional no espera de que la ciencia puede hacer todo. La ciencia enseña el respeto por la competencia especial, y no todos los sociólogos, económicos, políticos o piensan así. El conocimiento de comportamiento individual y grupal debe ser mejorado. La comunicación debe ser mejor entre los pueblos de diferentes lenguas y culturas, así como entre todos los diversos intereses que utilizan el mismo idioma. Un avance revolucionario debe ser la comprensión de los factores económicos y políticos. Ninguno de estos avances se puede ganar a menos que los hombres comprendan lo que la ciencia realmente [Weaver, 1948].

Heylighen menciona que la ciencia de la complejidad sólo se convertiría en muchas técnicas de modelado avanzado que capturan con mayor o menor éxito solo diferentes aspectos de los sistemas complejos, pero sin abarcar una teoría general para todo. Y aunque los físicos han comenzado a centrarse en la complejidad, aplicando una gama

de herramientas matemáticas para el análisis de los sistemas sociales, económicos o biológicos. Esto puede producir suficiente de ideas interesantes a corto plazo, pero a largo plazo necesitan para tomar conciencia que nunca se les proporcionará una ley absoluta de “leyes de la complejidad” que muchos aún están buscando [Heylighen, 2008]. Otro ejemplo de manejar la ciencia de la complejidad en estudios prácticos es el proporcionar herramientas para medir la integración, llamada agrupación funcional y diferenciación llamado complejidad neural que son aplicables a procesos reales de los nervios. Esto nos lleva a formular criterios operativos para determinar si la actividad de un grupo de neuronas contribuye a la experiencia consciente. Estos criterios se incorporan a la hipótesis de núcleo dinámico, una propuesta relativa al comprobable sustrato neural de la experiencia consciente [Tononi and Edelman, 2010]. Otras investigaciones que han surgido de estudios multidisciplinarios y que hoy en día se encuentra en un estudio de los sistemas complejos es la cibernética [Ashby, 1958]. y modelos basados en agentes donde pueden realizar análisis de problemas de política con enfoques clásicos de modelos de predicción y optimización que se han utilizado en el software de apoyo a la toma de decisiones [Banks, 2002].

2.1.1. Sistemas Complejos

La estructura de un sistema complejo considera dos tipos básicos: sistemas simples y complejos. Los sistemas simples tienen dos jerarquías: las partículas y el sistema. En cambio los sistemas complejos deben tener una estructura que exige un mínimo de tres niveles jerárquicos: las partículas, los agentes y el sistema [Halloy, 1999]

Existen varias maneras de considerar la complejidad y hacer frente a los sistemas complejos, el auto muestra un resumen de ocho teorías o formas de pensar acerca de la complejidad, lo que pone de manifiesto la diversidad de esos enfoques [Brownlee, 2007].

1. Matemática.- La teoría moderna de la complejidad de Turing y von Neumann, del teorema lemma-theorem-proof structure. La llamada teoría de la complejidad de las ciencias de la computación, incluye la contribución de las clases de complejidad.

2. Teoría de la Información - Medidas de complejidad e información en el espacio de Hamming como bits en términos de orden y aleatoriedad. Llama una teoría de límites, por ejemplo, no pueden ocupar más bits que el número de sinapsis en nuestra red natural.

3. Teoría ergódica - El estudio de mapas dinámicos disipativos incluidas las órbitas y determinístico sistema dinámico. Incluye la teoría del caos y la teoría de bifurcación.

4. Entidades artificiales - El estudio de entidades artificiales en los ordenadores, como autómatas celulares. Esta labor se traduce en simulaciones, como el juego de la vida, y la teoría del borde del caos en que la complejidad puede ser en su más alto entre la aleatoriedad y la regularidad.

5. Sistemas Físicos Aleatorios- Los sistemas que tienen la mecánica estadística de complejidad con complejo alto dimensional de atractores. Estos sistemas son típicamente no ergódicos, como al azar, colectores de percolación, la localización de vidrio hilado y redes neuronales.

6. Auto-organizaciones críticas (SOC) - Sistemas en la que están impulsadas por algunos conservadores cantidad de manera uniforme a gran escala, son capaces de disipar sólo a fluctuaciones microscópicas, las fluctuaciones en todas las escalas (a diferencia de ciclos de estabilidad o de fallo del sistema, aunque los sistemas no se consideran de adaptación).

7. Inteligencia Artificial - Para investigar sistemas complejos adaptativos de la construcción; como los algoritmos genéticos y sistemas de clasificador.

8. Wetware - El intento de investigar los sistemas complejos adaptativos mediante el estudio de ellos. El intento de comprender sistemas complejos como el cerebro, sin tratar de especificar un conjunto de principios subyacentes. El enfoque naturista de estudiar los sistemas.

2.1.2. Sistemas Complejos Adaptivos

El campo de sistemas complejos adaptativos (CAS) es de aproximadamente veinte años, después de haber sido establecido por físicos, economistas, y científicos que estudian la complejidad. Este campo ha generado contribuciones por ejemplo para los algoritmos genéticos, los sistemas de clasificación, los ecosistemas y simulaciones que ayudan en los campos de la computación evolutiva y la vida artificial. El marco se deriva de muchos sistemas complejos naturales y artificiales que han colaborado en la investigación en tan diversos campos de estudio como psicología, antropología, evolución genética, ecología y la teoría de gestión empresarial [Brownlee, 2007]. Aunque el campo de los sistemas complejos es relativamente joven, el sentido de la aparición de este término se asocia habitualmente con los fenómenos micro que a menudo dan lugar a fenómenos macro [Abbott, 2006].

El campo de los sistemas complejos adaptativos fue fundada en el Instituto de Santa Fe (SFI) en Nuevo Mexico, EE.UU., a fines de 1980 por un grupo de físicos , Economistas y otras personas interesadas en el estudio de sistemas complejos en los que los agentes de los sistemas de cambio. Quizás uno de los mayores contribuyentes a la creación del campo desde la perspectiva de la adaptación fue John Henry Holland Hollland mostró especialmente interés en los sistemas de adaptación desde la perspectiva de evolución genética [Holland, 1992]. Él elaboro un plan de adaptación, que fue la progresiva modificación de las estructuras por medio de agentes adecuados. De los

planes de adaptación, que está interesada en la cuestión de cómo las computadoras podrían ser programadas para los problemas que solventen la capacidad de especificar: Lo que se debe hacer en lugar de cómo hacerlo. Una especialización de adaptación de su plan denominado “plan genético” en definitiva, contribuyó a la fundación del campo de los algoritmos genéticos y computación evolutiva. En 1992 la reimpresión de su libro, él presentó un resumen de CAS con un ejemplo computacional llamado ECHO. Su trabajo en CAS se amplió más tarde. Él también publicó otra labor relacionada con el surgimiento de teorías y normas de fenómenos emergentes[Brownlee, 2007].

El estudio de los sistemas complejos adaptativos se estaba llevando a cabo intensamente en el SFI para mediados de 1990 hubo un gran número de libros y artículos. Algunas de las obras más populares se enumeran. Waldrop, la auto-organización, la adaptación y el recuento de la historia y la creación del campo de la CAS y sus principales conclusiones. Gell-Mann también se produjo un trabajo seminal sobre la teoría de la complejidad incluidos muchos ejemplos ilustrativos [Brownlee, 2007].

Un CAS está situado en un entorno. Este entorno es siempre más complejo que el propio sistema, y por lo tanto, nunca puede ser totalmente predecible para el sistema, pero el sistema depende de las regularidades del medio ambiente para mantener su suministro de energía que se necesitan para apoyar sus estructuras y procesos internos. Así, la entrada que el sistema puede recibir o extraer de su medio ambiente ha regularidades así como los aspectos que aparecen al azar en el sistema [?]Jost2004). Otra definición es un CAS consiste en la no homogeneidad, que interactúan los agentes adaptativos. Adaptativo se refiere capaces de aprender[Ahmed et al., 2005]. Para Brownlee un CAS es una red dinámica de muchos agentes los cuales pueden representar células, especies, individuos, empresas, naciones actuando en paralelo, constantemente y reaccionando a lo que otros agentes están haciendo. El control de un CAS tiende a ser altamente disperso y descentralizado. Si hay un comportamiento coherente en el sistema, este tiene un

crecimiento de competición y cooperación entre los agentes mismos. El resultado total del sistema proviene de un enorme número de decisiones hechas en algún momento por muchos agentes individuales [Brownlee, 2007]. El estudio de los sistemas adaptativos complejos, es un subconjunto de sistemas dinámicos no lineales, que se ha convertido recientemente en un foco importante de la investigación interdisciplinaria como en las ciencias sociales y naturales [Lansing, 2003].

El estudio de sistemas adaptativos complejos (CAS) es el estudio de alto nivel de abstracciones naturales y sistemas artificiales que son generalmente impermeables a las tradicionales técnicas de análisis. Patrones macroscópicos que emergen de la dinámica no lineal y las interacciones de los sistemas de bajo nivel (microscópicas) agentes de adaptación. Los patrones emergentes son más que la suma de las partes existentes, por lo tanto, la metodología tradicional no reduccionista describe cómo los patrones macroscópicos emergen. Por el contrario, holístico y totalístico investigan la aplicación de planteamientos que se refieren las reglas sencillas y las interacciones de los simples agentes de adaptación a sus efectos emergentes “de abajo hacia arriba” [Brownlee, 2007].

En general, los ejemplos de CAS se han extraído la mayoría de los sistemas estudiados en biología, la sociología y la economía. Algunos ejemplos citados a menudo incluyen: el desarrollo de embriones, la función del sistema inmune adaptativo, ecología, evolución genética, el pensamiento y el aprendizaje en el cerebro, los sistemas meteorológicos, las economías de mercado, los sistemas de comercio, los sistemas sociales, culturas, la política, los sistemas de tráfico, los insectos enjambres, los que llegan de las aves, la aplicación de nuevas ideas, las pruebas de las teorías científicas, y convertirse en bacterias resistentes a un antibiótico. Los modelos de simulación de ordenador juegan un papel muy importante en la investigación de CAS, donde el sistema se reduce a su más simple aspecto esencial. Estos mismos modelos de simulación demuestran los rasgos de los sistemas complejos adaptativos y, por tanto, proporcionar un terreno fértil

para la experimentación controlada. Algunos métodos de modelización utilizados y desarrollados para este propósito incluyen autómatas celulares (AC), el agente basado en modelos (ABM), redes neuronales artificiales (ANN), algoritmos genéticos (GA), y los sistemas de aprendizaje clasificador (LCS) [Brownlee, 2007].

Una entidad que se adapte a su entorno; pero a la vez este entorno es cambiante constantemente este fenómeno se conoce comúnmente como paisaje adaptativo. Lo que se ha observado en muchos casos menos en la literatura de la complejidad es que cuando algo se agrega a un entorno que puede permitir algo más que añadir este último, algo que no podría haber existido en ese ambiente antes de la adición anterior. Esta es una extensión de los conceptos de la ecología, la biología y las ciencias sociales. Un término para este fenómeno de la literatura ecología, es la sucesión. Históricamente la sucesión se ha tomado para referirse a una secuencia bastante rígida de las comunidades de especies, por lo general conduce a lo que se llama un clímax o (menos espectacular) un estado de equilibrio [Abbott, 2006].

John Holland, el inventor de los algoritmos genéticos y uno de los fundadores del campo de los sistemas complejos, ofrece una comprensión más cercana a la emergencia [Abbott, 2006]. Sin embargo este término aún no está bien definido, en el ámbito de los sistemas complejos. Bedau llama la emergencia débil como una explicación para el concepto informal de la emergencia. Para Bedau, un fenómeno emergente es débil si se plantea en el curso de una simulación (o en la realidad) [Abbott, 2006]. Una propiedad emergente de un CAS es una propiedad del sistema como un todo que no existe en los distintos elementos (agentes) de nivel [Ahmed et al., 2005].

Propiedades y mecanismo de los sistemas complejos adaptativos

Para Holland y Brownlee [Holland, 1992, Brownlee, 2007] las propiedades de los sistemas complejos son:

Agregación.- (propiedad) La complejidad surge de la interacción de los componentes más pequeños, que a su vez pueden ser los productos de los sistemas.

Etiquetado.- (mecanismo) se diferencian los agentes y posee una forma en que discriminan a los agentes con propiedades particulares.

No linealidad.- (propiedad) en los agentes interactúan y no dinámicos

Flujos.- (propiedad) Agentes organizados en redes de interacción que puede desencadenar (flujo).

Diversidad.- (propiedad) Agentes evolutivos para cubrir diversos nichos, que se definen por las características de las interacciones agente. El concepto de un nicho sobrevive el que habitan los agentes, y la evolución de los nichos tiene un mayor impacto sobre el sistema evolutivo de los agentes (los niveles de abstracción y control).

Modelos internos.- (mecanismo) de agentes se haya cambiado a través de interacciones, y los cambios sesgo acciones futuras (agentes de adaptación). Las representaciones internas poseen información como la forma de explotar la regularidad de sus interacciones, sin necesariamente definir explícitamente la regularidad.

Building Blocks.- (mecanismo) Los componentes son reutilizados para fines múltiples.

Gell-Mann especifica un ciclo de CAS que se compone de seis elementos básicos y cuatro en relación con las cuestiones. Él define en detalle una serie de preguntas relacionadas con la investigación de cada uno de los puntos[Brownlee, 2007]:

1. Coarse graining .- trade-off entre la tosquedad de la capacidad de administración de la información y la finura de detalle adecuado a la información
2. Identificación .- clasificación de las regularidades de la aleatoriedad de la información en el medio ambiente
3. Compresión .- percibe regularidades que se comprimen en un esquema
4. Variación .- variación y mejora del esquema (la adaptación o evolución)
5. Aplicación .- uso de los sistemas de medio ambiente
6. Selección .- selecciona las consecuencias de presiones selectivas en el mundo real, en el cual proporciona información de las partes afectadas

Cuestiones .- cuestiones relacionadas con los seis aspectos de un ciclo de vida del CAS incluyen: (1) escalas de tiempo, (2), el sistema incluido como un componente de otros sistemas, (3) sistemas con los seres humanos en el bucle, y (4) sistema integrado de varios sistemas de co-adaptación[Brownlee, 2007].

Brownlee [Brownlee, 2007] da una definición de sistemas complejos como se estudió en la economía con seis propiedades, como redes no lineales de adaptación. Estas propiedades, al igual que Holland [Holland, 1992], son también citados como principios de normas CAS.

Interacción dispersa.- efectos emergente son el resultado de las acciones dispersas, posiblemente heterogéneas, los agentes que actúan en paralelo. La acción de un agente depende de las acciones previstas de un número limitado de otros agentes, y el estado agregado el conjunto limitado de agentes creados.

No Controlador global .- no se proporcionan los controles de la competencia y la coordinación entre los agentes. Acciones económicas están mediadas por las normas del medio ambiente.

Interacción transversal jerárquica.- Un sistema tiene muchos niveles de organización y de interacción. Unidades de cualquier nivel de abstracción en el sistema de servir como "bloques de construcción" para la construcción de unidades en los altos niveles de abstracción. Las interacciones son más que jerárquica con enmarañada y transversales.

Continua .- Adaptación comportamientos, acciones, estrategias y productos son revisados continuamente como los agentes individuales se acumulan experiencia, el sistema se adapta constantemente.

Perpetuo Novedad .- Los cambios introducidos por la adaptación crear continuamente nuevas oportunidades para la exploración, el resultado está en curso, la novedad perpetua fuera de la dinámica de equilibrio. Debido a la continua adaptación y cambio, el sistema opera lejos del global óptimo y equilibrado. Las mejoras siempre son posibles y ocurren con regularidad. Dooley proporciona una definición condensada de CAS. En su definición, los agentes son los elementos base del sistema que se adaptan en respuesta a las interacciones. Las adaptaciones que se producen a operar el esquema

de agente, una representación que define el agente de normas e interacciones. Agente de fitness está optimizado a nivel local en relación con el micro ambiente local. El flujo de información es no lineal. Los agentes están marcados (funciones heterogéneas) y los agregados de agentes heterogéneos pueden formar meta-agentes. Levin se diferencia de tres aspectos esenciales[Brownlee, 2007].

Diversidad.- sosteniendo la diversidad y la individualidad de los componentes.

Las interacciones locales.- localizar las interacciones entre los componentes.

Selección.- Un proceso autónomo que selecciona entre los componentes de un subconjunto de repetición o mejora, con base en los resultados de la interacción local entre los componentes.

Por otra parte autores realizan otra clasificación muy distinta para Jost [Jost, 2004] divide los sistemas complejos adaptativos en internos y externos lo cual los define:

Complejidad externa.- la cantidad de entradas, información, energía obtenida del entorno que el sistema es capaz de manipular y transformar. Es importante que esto se puede medir como una entropía - y por lo tanto, en términos como de “energía” .En este sentido, la complejidad externa es la complejidad de los datos.

Complejidad interna.- mide la complejidad de la representación de esta entrada por el sistema. En este sentido, su complejidad interna es la complejidad del modelo. El objetivo del sistema es manejar tantos datos como sea posible con un modelo tan simple como sea posible.

2.1.3. Sistemas Multi-agentes

Existe diferentes definiciones de un sistema multi-agente, varios autores lo definen como un sistema en el que múltiples agentes autónomos, heterogéneos, interaccionan entre sí y con el entorno; cada uno buscando sus propias metas [López et al., 2002]. Sin embargo no tiene que ser heterogéneo para ser un sistema multi-agente; autores como (Gómez 2003) lo definen a partir de la construcción de programas que componen los sistemas distribuidos aplicando una tecnología íntimamente relacionada con la inteligencia artificial. Esta técnica es por medio de agentes siendo autónomos e inteligentes. Es cuando los sistemas distribuidos pasan a ser un sistema multi-agente.

Las propiedades de un sistema multi-agente nacen cuando Wooldridge desarrolla en su tesis doctoral una familia de lógicas para la representación de estas propiedades, en este documento construyo formalismos que pueden ser utilizados en la especificación y verificación para la acción cooperativa [Wooldridge and Jennings, 1995] Los sistemas multi-agentes se desarrollan sobre middleware y proporcionan un nuevo nivel de abstracción más intuitivo. El diseño generalmente, se aborda pensando en los agentes como entes con motivación. En lugar de modelar un sistema con componentes que ejecutan métodos, el desarrollador tiene que pensar en los objetivos que los componentes deben alcanzar y en las tareas necesarias para que lo consigan. Al desarrollar los componentes así, se espera que el proceso sea más intuitivo ya que esta forma de modelar y de razonar se halla más cerca del pensamiento humano que los paradigmas de programación tradicionales. La construcción de un sistemas multi-agente integra tecnologías de distintas áreas de conocimiento: técnicas de ingeniería del software para estructurar el proceso de desarrollo; técnicas de inteligencia artificial para dotar a los programas de capacidad para tratar situaciones imprevistas y tomar decisiones, y programación concurrente y distribuida para tratar la coordinación de tareas ejecutadas en diferentes máquinas

bajo diferentes políticas de planificación. Debido a esta combinación de tecnologías, el desarrollo de los sistemas multi-agente se complica [Gómez, 2003].

Los sistemas multi-agentes constituyen un área de creciente interés dentro del área de la Inteligencia Artificial, por ser aplicable a la resolución de problemas complejos no resueltos de manera satisfactoria mediante técnicas clásicas. Existen aplicaciones basadas en este nuevo paradigma empleadas en distintas áreas [Jennings and Wooldridge, 1998], tales como control de procesos, procesos de producción, control de tráfico aéreo, aplicaciones comerciales, gestión de información, comercio electrónico, aplicaciones médicas, juegos, etc. [Botti and Julian, 2003]. Los Sistemas Multi-Agente han sido cada vez más utilizados para modelar una gran variedad de fenómenos sociales. Desde hormigas hasta modelar países en la preparación para una guerra fría, la evolución en el sistema multi-agente permiten cada vez más la comprensión de los sistemas con la interacción de múltiples agentes [Suarez et al., 2007].

En los sistemas multi-agentes los agentes compiten para solucionar un problema común, cada agente tiene una función independiente para solucionar el problema pero deciden dinámicamente las tareas a realizar, no existe un sistema de control global. Existen dos enfoques para construir sistemas multiagentes: Formal y constructivista. El enfoque formal consiste en dotar a los agentes de “la mayor inteligencia posible” utilizando descripciones formales del problema a resolver y de hacer reposar el funcionamiento del sistema en tales capacidades de conocimiento. Mientras que el enfoque constructivista, persigue la idea de brindarle inteligencia al conjunto de todos los agentes, para que a través de mecanismos ingeniosamente elaborados de interacción, el sistema mismo genere un comportamiento inteligente que no necesariamente estaba planeado desde un principio o definido dentro de los agentes mismos. Este tipo de conducta es habitualmente llamado comportamiento emergente.

2.2. Modelado computacional

Un modelo es una descripción simplificada de un sistema que es útil para la simulación o análisis. Los modelos computacionales han sido diseñados para aprovechar la eficiencia de la computación [Downey, 2009].

El modelo de Schelling es uno de los primeros, y uno de los más famosos, de los modelos basados en agentes. Desde la década de 1970, el modelado basado en agentes se ha convertido en una herramienta importante en la economía y otras ciencias sociales, y en algunas ciencias naturales.

Las características de los modelos basados en agentes son:

- Agentes de comportamiento inteligente, por lo general con un simple conjunto de reglas.
- Los agentes que suelen situarse en el espacio (o en una red), e interactuar entre sí a nivel local.
- Por lo general tienen información imperfecta.
- A menudo hay una gran variabilidad entre los agentes.
- A menudo hay elementos aleatorios, entre los agentes o en el entorno que está modelado.

Los modelos basados en agentes son útiles para modelar la dinámica de sistemas que no están en equilibrio (aunque también se utilizan para estudiar el equilibrio). Y son especialmente útiles para entender las relaciones entre las decisiones individuales y el comportamiento del sistema [Downey, 2009]. Las organizaciones de MAS, se puede entender como entidades complejas donde una multitud de agentes interactúan, dentro de un ambiente estructurado destinado a un propósito global. Las organizaciones

de agentes se asocian a menudo con la idea de la apertura y la heterogeneidad en el MAS. De entornos heterogéneos que plantean nuevas exigencias en el diseño e implementación MAS incluyendo la integración de las perspectivas globales e individuales y la adaptación dinámica de los sistemas a los cambios ambientales. Como los sistemas de crecimiento que incluyen cientos o miles de agentes [Artikis et al., 2009]. Las teorías formales son necesarias para describir la interacción y la estructura organizativa y entender la relación entre las funciones de organización de los agentes. En la sociedad. MAS el diseño proporciona estructuras para el desarrollo de modelos organizativos, pero también puede permitir el análisis de cómo las organizaciones naturales puede ser ampliada o mejorada. Las herramientas necesarias para la modelización, la simulación de las organizaciones agente proporcionará nuevos conocimientos sobre teoría de la organización [Artikis et al., 2009].

2.2.1. Modelado de sistemas complejos

Para Ahmed [Ahmed et al., 2005] las prácticas habituales de modelado son: 1. Ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO), ecuaciones en diferencias y ecuaciones diferenciales parciales (EDP); 2. Los autómatas celulares (CA) ; 3. Teoría de juegos evolutiva; 4. Modelos basados en Agentes; 5. Redes; 6. Fraccional de cálculo.

Existen varios problemas al analizar un sistema complejo como la interacción de los individuos están obligados a cambiar de entornos, una nueva teoría matemática para estudiar esta evolución son los sistemas complejos adaptativos. El cual encuentra un campo emergente en la dinámica de la adaptación. Este sistema podría explicar los efectos a largo plazo de las interacciones entre los procesos evolutivos [Sigmund, 1998]

El problema de modelar sistemas complejos

El modelar sistemas complejos no produce resultados exactos. Cuando una simulación es desarrollada con un modelo del sistema, los valores de cada variable son registrados pero este solo representan una muestra o a veces es difícil interpretar u obtener los datos necesarios para la simulación. Por eso el promedio en una muestra de observación solo a veces provee un estimado de lo esperado, es decir, una simulación solo provee estimados, no resultados exactos.

Meses de esfuerzo pueden ser requeridos para reunir información, construir, verificar y validar modelos, diseñar experimentos y evaluar e interpretar los resultados. El costo de una simulación es alto, ya que depende de la obtención de todo tipo de información tanto cualitativa como cuantitativa. El establecimiento y mantenimiento de capacidad de simulación, envuelve tener mejor personal, software, hardware, entrenamiento y otro tipo de costos [Benenson and Torrens, 2004].

Hay muchas facetas para un balanceo y comprensivo estudio de la simulación. Ya que una persona debe tener conocimiento de una gran variedad de áreas antes de llegar a ser un practicante de la simulación. Este hecho es algunas veces ignorado, sin embargo como resultado, cada estudio puede incorrectamente ser desarrollado, o podría estar incompleto, o podría caer en otro tipo de caminos, quizá resultado de una falla del esfuerzo de la simulación [Benenson and Torrens, 2004].

El problema de modelar los sistemas no lineales

El desarrollo de las capacidades computacionales ha redefinido la manera en que los investigadores ven el mundo. Investigaciones científicas han pasado de los paradigmas basados en una concepción lineal del mundo a un paradigma más holístico basado en

la no linealidad. La distinción entre sistemas lineales y no lineales de la ciencia no ha sido plenamente resuelta en la literatura [Suarez et al., 2007]. El paradigma lineal se basa en la hipótesis de la independencia de que los agentes se utilizan para describir la realidad a través de un determinado modelo. En contraste, el crecimiento no lineal del mundo se basa en una percepción de la interdependencia.

La diferencia entre el lineal y no lineal, es que los paradigmas lineales el agregado es igual a la suma de sus partes, sin embargo en los no lineales la suma total es más que la suma de sus parte; teniendo un excedente. Según el paradigma no lineal, los sistemas no pueden reducirse a sus partes, y es por esta razón que este campo es comúnmente conocido como complejidad o como la ciencia de la sorpresa [Suarez et al., 2007].

Estos sistemas están compuestos por poblaciones de agentes cuya adaptación ha sido resultado de interacciones complejas en dinámica no lineal, los cuales son fenómenos emergentes del sistema. Estos sistemas tiene que ver con comparar ejemplos naturales y artificiales de CAS con las propiedades y procesos, e investigar simulaciones de modelos simplificados de los sistemas naturales. Ofrece una conceptualización y el marco para una clase de sistemas complejos y sus consiguientes fenómenos utilizando ambas herramientas computacionales. El campo es intrínsecamente interdisciplinario, ligado a la ciencia de la complejidad, teoría de sistemas, teoría de control y débilmente relacionados con campos como la mecánica estadística, la inteligencia artificial, la teoría de juegos, y optimización [Miler and Page, 2007].

2.2.2. Modelado basada en agentes

La aplicación de agentes en las ciencias naturales y/o sociales es un tema de investigación muy divulgado en el campo de la Inteligencia Artificial (IA) y Sistemas Distribuidos. La IA fue una de las primeras áreas donde se empezó a trabajar en este

tema [Gilbert, 2007].

Los agentes iniciaron de la investigación de la Inteligencia Artificial (IA) y más concretamente de la Inteligencia Artificial Distribuida (DIA) [Russell and Norvig, 2004, López et al., 2002]. Al principio, la IA hablaba de los agentes como programas especiales cuya naturaleza y construcción no se llegaba a detallar. Los sistemas multi-agentes tienen un campo visual más amplio de todo el sistema, incluyendo la comunicación entre agentes, coordinación, colaboración, descomposición de trabajo, y resolución de conflictos por negociación [Georgeff and Lansky, 1987]. Lo que es pieza clave para una simulación más cercana a la realidad.

Los sistemas multi-agentes: consiste en agentes autónomos que trabajan juntos para resolver problemas, caracterizados porque cada agente tiene una información o capacidad incompleta para solucionar el problema, no hay un sistema global de control, los datos están descentralizados y la computación es asíncrona. Los agentes deciden dinámicamente que tareas realizaran [Gilbert, 2007].

El agente está situado en algún entorno, dentro del cual actúa de forma autónoma y flexible para cumplir con su objetivo principal. Pero este agente recibirá entradas de su entorno y a la vez debe elegir una acción, Según el autor [Wooldridge and Jennings, 1995] tiene ciertas propiedades como son las siguientes:

Autonomía Un agente debe tener una serie de objetivos y debe poseer conocimientos de su entorno, de tal forma que partiendo de sus conocimientos sea capaz de decidir qué es lo que más le conviene para su propio beneficio. Sociabilidad. Un agente puede colaborar con otros agentes y llevar a cabo una tarea con un objetivo en común. Sin embargo puede un agente decidir dependiendo de las características individuales y la percepción de su entorno agruparse o no hacerlo.

Reactividad Un agente debe ser capaz de percibir estímulos externos, tanto para estar de acuerdo a su entorno cambiante, como para saber que está pasando en el mundo. Estos estímulos afectarán las acciones realizadas por el agente para alcanzar sus objetivos.

Pro-actividad Debe ser capaz de elegir en cada momento las acciones que debe llevar a cabo para alcanzar sus objetivos. Es decir, una agente no sólo actúa en función de los estímulos que recibe desde el exterior, sino que puede realizar acciones como resultado de sus propias decisiones.

Inteligencia Un agente es inteligente si es racional, coherente y adaptable, en mayor o menor medida. Un agente será más inteligente cuánto más desarrolladas tenga estas características

Racionalidad Un agente se considera racional cuando tiene unos conocimientos de su entorno, unos objetivos deseables y unas reglas que determinan cómo alcanzar los objetivos a partir del conocimiento que se tiene del medio.

Coherencia El conocimiento que un agente tiene de su mundo se almacena en una base de conocimientos propia del agente. Todo este conocimiento debe guardar un alto grado de coherencia para que el comportamiento del mismo sea el esperado.

Adaptación El aprendizaje es una de las características más complejas que puede tener un agente. Un agente aprende cuando es capaz de aumentar su base de conocimientos y su base de reglas a partir de las percepciones que recibe del entorno y a partir de sus comportamientos anteriores a la hora de resolver problemas.

Movilidad Un agente móvil es aquel que puede moverse físicamente por los nodos de una red para llevar a cabo sus tareas.

Probablemente esta definición no cubre en su totalidad las características necesarias para el objetivo de nuestro proyecto, aunque existen distintas definiciones de agentes dependiendo la aplicación.

Por ejemplo una de las propiedades principales como la autonomía, en las cuales existen aplicaciones no posee esta característica los agentes y solo reacciona a estímulos por parte del usuario o ambiente. Sin embargo para nuestro análisis el agente, tiene cierta autonomía para cambiar la realidad en base a una función objetivo. Otra característica fundamental es la sociabilidad, cuando el colabora con otros agentes porque su función objetivo es común, a esta sociedad se encuentra en un nivel superior comportándose este grupo como una sola entidad, estas relaciones pueden ser mejor estructuradas con la ayuda de la psicología social.

Sistemas de software auto-adaptables

La complejidad de los actuales sistemas de software ha llevado a la comunidad de ingeniería de software a investigar diversos campos multidisciplinarios para encontrar enfoques innovadores para la construcción, funcionamiento, y gestión de sistemas de software y servicios. Por lo tanto, los sistemas de auto-adaptación - que son capaces de adaptar su comportamiento en tiempo de ejecución en función de su percepción del entorno y el propio sistema - se han convertido en un tema muy interesado hoy en día.

A pesar de la auto-adaptación de los sistemas se ha estudiado en una amplia gama de disciplinas, desde la biología a la robótica, recientemente la comunidad de ingeniería del software reconoce su papel clave en facilitar el desarrollo de sistemas de software en el futuro que son capaces de auto-adaptarse a los cambios que pueden ocurrir en el

sistema, sus necesidades, o el entorno en el que se implementa [Goos et al., 2009].

La integración de la tecnología, y la continua evolución de los sistemas en software requieren enfoques nuevos e innovadores para la construcción, ejecución y gestión. Una consecuencia de esta evolución continua es que los sistemas de software deben de ser más versátiles, flexibles, resistentes, confiables, robustos, de bajo consumo, recuperables, personalizables, configurables, y la auto-optimización mediante la adaptación a los cambios de contextos operativos, entornos o características mismas del sistema. Por lo tanto, los sistemas de auto-adaptación que son capaces de ajustar su comportamiento en respuesta a su percepción del medio ambiente y el propio sistema, se ha convertido en un importante tema de investigación. Es importante destacar que en todas las numerosas iniciativas para explorar el comportamiento auto-adaptativo, esto se aplica a la investigación en varias áreas tales como las interfaces de usuario adaptable, computación autónoma, computación confiable, los sistemas integrados, redes móviles y autónomos, los sistemas multi-agente, , redes de sensores, , arquitecturas orientadas a servicios, y la computación ubicua. Estas también son válidas para muchos ámbitos de investigación, que ya han investigado algunos aspectos de la auto-adaptación de su propia perspectiva, como la computación tolerante a fallos, sistemas distribuidos, la computación de inspiración biológica, la inteligencia artificial distribuida, la gestión integrada, la robótica, los sistemas basados en el conocimiento, , aprendizaje automático, la teoría de control, etc En todos estos casos permite flexibilidad de software, tales aplicaciones heterogéneas, sin embargo, la realización correcta de la funcionalidad de auto-adaptación sigue siendo un importante reto intelectual y sólo recientemente han los primeros intentos en la construcción de sistemas de auto-adaptativas surgido en ámbitos de aplicación concretas. Por otra parte, la iniciativa ha hecho muy poco para establecer las oportunas gestiones de ingeniería de software para la prestación de auto-adaptación. A largo plazo, tenemos que establecer las bases que permitan el desarrollo sistemático

de las futuras generaciones de sistemas de auto-adaptativa [Goos et al., 2009].

2.2.3. Inteligencia computacional

Lógica difusa

Los sistemas difusos han desplazado a las tecnologías convencionales en muchas aplicaciones científicas y sistemas de ingeniería, especialmente en los sistemas de control y el reconocimiento de patrones. La misma tecnología difusa, en la forma de razonamiento aproximado, está también resurgiendo en la tecnología de información, donde proporciona soporte de decisiones y sistemas expertos con las capacidades de razonamiento poderosos limitados a un mínimo de reglas.

Los conjuntos difusos fueron introducidos por Lofti A. Zadeh en 1965 [Zadeh, 1965] para procesar o manipular información con incertidumbre no probabilística. Fueron diseñados para representar matemáticamente la incertidumbre lingüística; proporcionando las herramientas formalizadas para trabajar con la imprecisión intrínseca en muchos problemas; puede ser considerada como una generalización de la teoría de conjuntos clásica.

La gran diferencia de los conjuntos difusos a los conjuntos clásicos es que en un conjunto clásico, un elemento del universo pertenece o no al conjunto. Esto es, la membresía de un elemento es dura — ya sea sí está en el conjunto o no está en el conjunto. Un conjunto difuso es una generalización de un intervalo unidad $[0,1]$. Así, la función de membresía de un conjunto difuso mapea cada elemento del universo de discurso a un rango del espacio el cual, en muchos casos, es el conjunto al intervalo de la unidad.

Otra diferencia los conjuntos duros siempre tiene funciones de membresía únicas, mientras que todo conjunto difuso tiene un número infinito de funciones de membresía

que pueden representarlo. Esto permite que los sistemas difusos puedan ser ajustados a su rendimiento máximo en una situación dada. En un sentido amplio, como apuntó Lotfi Zadeh [Zadeh, 1988] cualquier campo puede ser fuzzificado y generalizado reemplazando el concepto de conjunto duro en un campo fuente por el concepto de un conjunto difuso. Por ejemplo podemos fuzzificar algunos campos básicos tales como la aritmética, la teoría de grafos y la teoría de la probabilidad para desarrollar aritmética difusa, teoría de grafos difusos y teoría de probabilidad difusa, respectivamente; podemos también fuzzificar algunos campos aplicados tales como redes neuronales, algoritmos genéticos, teoría de estabilidad, reconocimiento de patrones y programación matemática para obtener redes neuronales difusas, algoritmos genéticos difusos, teoría de estabilidad difusa, reconocimiento de patrones difusos y programación matemática difusa, respectivamente. Los beneficios de tal fuzzificación incluyen mayor generalidad, poder expresivo más alto, una habilidad elevada para modelar problemas del mundo real, y una metodología para explotar la tolerancia a la imprecisión.

Redes neuronales

Los sistemas de computación secuencial, son exitosos en la resolución de problemas matemáticos, en la creación, manipulación y mantenimiento de bases de datos, en comunicaciones electrónicas, en el procesamiento de textos, gráficos y auto edición, incluso en funciones de control de electrodomésticos, haciéndolos más eficientes y fáciles de usar, pero definitivamente tienen una gran incapacidad para interpretar el mundo.

Esta dificultad de los sistemas de cómputo que trabajan bajo la filosofía de los sistemas secuenciales, desarrollados por Von Neuman, ha hecho que un gran número de investigadores centre su atención en el desarrollo de nuevos sistemas de tratamiento de la información, que permitan solucionar problemas cotidianos, tal como lo hace el

cerebro humano; este órgano biológico cuenta con varias características deseables para cualquier sistema de procesamiento digital, tales como:

1. Es robusto y tolerante a fallas, diariamente mueren neuronas sin afectar su desempeño.
2. Es flexible, se ajusta a nuevos ambientes por medio de un proceso de aprendizaje, no hay que programarlo.
3. Puede manejar información difusa, con ruido o inconsistente.
4. Es altamente paralelo
5. Es pequeño, compacto y consume poca energía.

El cerebro humano constituye una computadora muy notable, es capaz de interpretar información imprecisa suministrada por los sentidos a un ritmo increíblemente veloz. Logra discernir un susurro en una sala ruidosa, un rostro en un callejón mal iluminado y leer entre líneas un discurso; lo más impresionante de todo, es que el cerebro aprende sin instrucciones explícitas de ninguna clase, a crear las representaciones internas que hacen posibles estas habilidades. Basados en la eficiencia de los procesos llevados a cabo por el cerebro, e inspirados en su funcionamiento, varios investigadores han desarrollado desde hace más de 30 años la teoría de las Redes Neuronales Artificiales (RNA), las cuales emulan el comportamiento de las redes neuronales biológicas, y que se han utilizado para aprender estrategias de solución basadas en ejemplos de comportamiento típico de patrones; estos sistemas no requieren que la tarea a ejecutar se programe, ellos generalizan y aprenden de la experiencia. La teoría de las RNA ha brindado una alternativa a la computación clásica, para aquellos problemas, en los cuales los métodos tradicionales no han entregado resultados muy convincentes, o poco convenientes. Las aplicaciones más exitosas de las RNA son:

1. Procesamiento de imágenes y de voz
2. Reconocimiento de patrones
3. Planeamiento
4. Interfaces adaptivas para sistemas Hombre/máquina
5. Predicción
6. Control y optimización
7. Filtrado de señales

Los sistemas de cómputo tradicional procesan la información en forma secuencial; un computador serial consiste por lo general de un solo procesador que puede manipular instrucciones y datos que se localizan en la memoria, el procesador lee y ejecuta una a una las instrucciones en la memoria; este sistema serial es secuencial, todo sucede en una sola secuencia determinística de operaciones. Las RNA no ejecutan instrucciones, responden en paralelo a las entradas que se les presenta; el resultado no se almacena en una posición de memoria, este es el estado de la red para el cual se logra equilibrio. El conocimiento de una red neuronal no se almacena en instrucciones, el poder de la red está en su topología y en los valores de las conexiones (pesos) entre neuronas.

Las RNA son una teoría que aún está en proceso de desarrollo, su verdadera potencialidad no se ha alcanzado todavía; aunque los investigadores han desarrollado potentes algoritmos de aprendizaje de gran valor práctico, las representaciones y procedimientos de que se sirve el cerebro, son aún desconocidas. Tarde o temprano los estudios computacionales del aprendizaje con RNA acabarán por converger a los métodos descubiertos por evolución, cuando eso suceda, muchos datos empíricos concernientes al cerebro comenzarán súbitamente a adquirir sentido y se tornarán factibles muchas aplicaciones desconocidas de las redes neuronales.

Sistemas evolutivos

Mitchelle y Newman menciona que las relaciones que se da entre depredador-presa, y las interacciones entre huésped-parasito. Estas relaciones nos dice que son simétricas y donde existe una competencia. Como en el caso de la depredador-presa. Estas relaciones y el aprendizaje con los demás; dependen del éxito de las especie, siendo la evolución un ejemplo ideal de emergencia [Mitchell and Newman, 2002] .Los sistemas complejos contribuyen a la teoría de la evolución. La primera es en la contribución de nuevos métodos de modelos matemáticos y computacionales que ayuden a representar comportamientos emergentes. La segunda es en la identificación y elaboración de ideas de otros sistemas complejos que son relevantes para la ecología y la evolución.

Mitchelle y Newman hacen mención que los agentes posiblemente puedan modelar la teoría de evolución, y mostrar un comportamiento interesante. Esto con ayuda de los algoritmos genéticos. Para realizar la auto-reproducción para la aparición de la multicelularidad a través de interacciones competitivas y cooperativas. En cada una de estas simulaciones, un comportamiento emergente del sistema se identifica y cuantifican. Los procesos de macro evolutivos es una clase adicional del agente. En el cual nos dice que la macro evolución se encuentra en un nivel superior de las especies, géneros, familias y así sucesivamente. Probablemente el ejemplo más conocido de un modelo de macro evolutivo es el modelo de coevolución de Bak y Sneppen, que intenta explicar la extinción en masa como consecuencia de las interacciones de las especies [Mitchell and Newman, 2002].

Para Heylighen la evolución tiende a ser visto en términos de adaptación a un entorno externo y la auto-organización como resultado de la una dinámica interna. Pero en sistemas no hay diferencia entre interno y externo, Da el ejemplo de las hormigas el cual también inspiran la auto-organización natural: cuando las hormigas encuentran

comida, dejan un rastro de feromonas a lo largo de su trayectoria. Otras hormigas en busca de comida son más propensas a ir en una dirección donde hay más feromonas. Si tiene éxito, ellos también añaden las feromonas, tomando el camino más fuerte, y con más probabilidades de atraer a las demás hormigas. Si no se encuentra la alimentación, no se agregan las feromonas y el camino poco a poco se evapora. De esta manera, una colonia de hormigas, al principio, explorar su entorno al azar, pero luego poco a poco desarrolla una ruta que conecta el nido y las fuentes de alimentos de forma más eficiente [Heylighen, 2008]. Otro punto importante que menciona Heylighen es que la única manera de que podamos hacer frente a problemas complejos es serle frente con modelos complejos basados en auto-organización, llegando a ser cada vez mejor adaptables a objetivos que van cambiando. Sea o no aumenta la complejidad en la evolución es una de las cuestiones centrales de la biología evolutiva. Las opiniones sobre este tema varían, pero generalmente pertenecen a uno de los tres campos [Adami, 2002]:

1. Sugiere que la complejidad ha aumentado,
2. Afirma que no hay pruebas suficientes para argumentar a favor o en contra de un aumento.
3. Niega que "el progreso que caracteriza la historia de la vida como un todo, ni siquiera representa una fuerza orientadora en la evolución de todos".

La mayoría están de acuerdo que nadie sabe con precisión qué se entiende por la palabra "complejidad cuando se refiere a un organismo biológico. En efecto, mientras que las medidas de complejidad abundan, su relación con la biología no es siempre clara. La complejidad es tan general, un término que parece significar algo diferente a todos. Los dos principales grupos de usuarios, son físicos interesados en sistemas dinámicos, y los biólogos de reflexionar sobre la cuestión antes mencionada de una tendencia [Adami, 2002]. En la teoría de sistemas dinámicos, Adami se interesa en la complejidad de los procesos. Por ejemplo, los procesos de periódicos y aleatorios son percibidos como simples, con los procesos aleatorios en "el otro extremo de la escala",

cualquiera que sea la escala que sea. Los procesos complejos y caóticos se considera que se encuentran en algún punto intermedio. Debido a que todos los procesos pueden considerarse como medidas de complejidad en la teoría de sistemas dinámicos suelen ser de cálculo. Estas construcciones permiten deducir la complejidad de una secuencia de símbolos de encontrar una apropiada máquina de estados finitos que produce esta secuencia [Adami, 2002].

La complejidad de los organismos biológicos aún no puede ser capturada al intentar caracterizar la dinámica de todos sus procesos subyacentes. En cambio, las medidas de la complejidad biológica al referirse a la forma, función, o la secuencia que codifica. La complejidad estructural es generalmente lo que queremos decir cuando consideramos los animales, pero esto parece ser la medida más difícil de definir. También toma en cuenta que la complejidad no se debe equiparar con éxito evolutivo una concepción errónea de que ha dado lugar a muchas controversias [Adami, 2002].

La complejidad de una secuencia física se refiere a la cantidad de información que se almacena en la secuencia de un entorno particular. Para un genoma, el medio ambiente es aquel en el que se replica y en el que vive su anfitrión, un concepto más o menos equivalente a lo que llamamos un nicho. La definición de complejidad física debe distinguirse de la matemática (o algorítmica, o de Kolmogorov) la complejidad, que sólo se refiere a la regularidad intrínseca (o, en este caso, la irregularidad) de una secuencia. La regularidad de una secuencia es un reflejo de las leyes inmutables de las matemáticas, y no del mundo físico en el que dicha secuencia puede significar algo [Adami, 2002].

La aleatoriedad es en cierto modo se llama entropía en teoría de la información. La entropía es una medida del potencial de conocimiento, o si se aplica a una secuencia, una medida de la cantidad de información de una secuencia puede celebrar, y por lo tanto cuantifica la incertidumbre acerca de la identidad genética de una persona

seleccionada al azar. Es útil pensar en la secuencia de la entropía como la longitud de la cinta, mientras que la información es la longitud de la cinta que contiene las grabaciones. De medición (es decir, la grabación) se convierte en la cinta de la cinta vacía llena, la entropía en la información. Como veremos, esto es lo que sucede durante la adaptación, y es la fuerza que impulsa el aumento de la complejidad. La información es una forma estadística de la correlación, y por tanto requiere, matemáticamente y de manera intuitiva, una referencia al sistema que la información se trata. La secuencia de su información llena de cintas le permite hacer predicciones sobre el estado del sistema que la secuencia es la información sobre. Esta capacidad de predicción implica que la secuencia y el sistema tienen algo en común, que están correlacionados [Adami, 2002] .

Morin menciona que al mismo tiempo que el universo altera el orden implacable de la vida, Darwin presenta la variación y la competencia como motores de la evolución. Post-darwinismo, si tiene, en algunos casos, atenuar el carácter radical del conflicto, la oportunidad, o casualidad; dentro de la concepción "creación.º invención" las nuevas formas de vida de la organización, como las alas, los ojos de uno. Al comienzo del siglo XX, la microfísica introduce la incertidumbre fundamental en el universo de las partículas que deja de obedecer a las concepciones del espacio y el tiempo característico de nuestro universo llamado macro-física [Morin, 2008]. Siendo un aspecto fundamental en el proceso de la evolución. Los trabajos de Holland [Holland, 1992]. en sistemas complejos han sido muy populares en el campo de la computación evolutiva, ya que ayudó a que se realizara lo que es el algoritmo genético. El aprendizaje de los sistemas de clasificación es básico en la Inteligencia Computacional (IC) para las técnicas adecuadas de difícil dominio tales como el diseño, ingeniería y reconocimiento de patrones. Trabajo de Forrest, ayudaron al estudio del sistema inmunológico, los modelos de adaptación ayudaron a desencadenar en campos relacionados con la IC (específicamente Inspirada en la Biología de Computación (BIC)). Sin duda otro ejemplo sería el campo de redes

neuronales artificiales aplicadas a la clasificación y función de aproximación, teniendo también en derivados de modelos de CAS (CAS aunque antes se elabore un SFI). Esta observación también fue hecha por Mitchell en 1993 como una manera viable de contribuir a la IC y BIC. Los sistemas complejos adaptativos es una interesante y una potente conceptualización, que ha contribuido modelos por agentes; en la vida artificial; biología computacional y otras variaciones de cómputo de las ciencias físicas [Brownlee, 2007].

2.2.4. Simulación Social

La técnica de simulación en las ciencias sociales es apreciada como una tercera forma de hacer ciencia, en contraste con la inducción y deducción. El manejo de la simulación como herramienta es una técnica novedosa y de rápido crecimiento en el campo de las ciencias sociales. Como la mayoría de las técnicas nuevas en los campos, la promesa es mayor que la demostración de sus logros.[Axelrod, 1997].

Algunos autores como Davidsson denomina la simulación social entre las ciencias sociales y la simulación por computadora normalmente denominándola (SocSim) y corresponde a la simulación de los fenómenos sociales en una computadora con cualquier técnica de simulación y se suele utilizar modelos sencillos de simulación de las entidades sociales, por ejemplo: autómatas celulares, objetos, que son capaces de realizar una interacción muy elemental (Davidsson 2002)

El resultado de simulaciones han demostrado proporcionar una poderosa alternativa para complementar, sustituir y ampliar los enfoques tradicionales de enseñanza en un ámbito como el cambio y la gestión de la innovación, ofreciendo una oportunidad de aplicar los modelos de la dinámica de organización social (Angehrn 2004).

La simulación social puede contribuir a la comprensión de los procesos sociales; o

algún tipo de teoría o modelo. En general, esas teorías se exponen en forma textual, aunque a veces la teoría se representa como una ecuación; una tercera forma es expresar las teorías como los programas computacionales. Los procesos sociales pueden ser simulados en la computadora. En algunas circunstancias, incluso es posible llevar a cabo experimentos sobre los sistemas sociales artificialmente que sería totalmente imposible o poco ético para llevarlo a cabo en las poblaciones humanas [Gilbert, 2007].

Cada relación con el modelo debe ser especificado exactamente y cada parámetro; de lo contrario será imposible ejecutar la simulación. Esta disciplina implica también que el modelo sea potencialmente abierto a la inspección por otros investigadores, en todos sus detalles. Estos beneficios de la claridad y la precisión también tienen desventajas, sin embargo. Simulaciones de procesos sociales complejos implican la estimación de muchos parámetros y datos adecuados para hacer las estimaciones que pueden ser difíciles de encontrar. Otro beneficio de la simulación es que, en algunas circunstancias, puede dar ideas sobre la “aparición” de los fenómenos a nivel macro de las acciones a nivel micro. Por ejemplo, una simulación de la interacción de los individuos puede revelar patrones claros de influencia cuando se examina en una escala de la sociedad [Gilbert, 2007].

La simulación social muestra cómo esta nueva metodología es adecuada para el análisis de los fenómenos sociales que son inherentemente complejos. Si bien la idea de la simulación ha tenido enorme influencia en la mayoría de las áreas de la ciencia, e incluso en la programación de juegos, donde ya hay una emulación de las sociedades teniendo un impacto significativo en las ciencias sociales. El avance se produjo cuando se dieron cuenta de que los programas computacionales ofrecen la posibilidad de crear artificialmente sociedades en las que las personas y actores colectivos, pueden ser organizaciones representadas directamente y observar el efecto de sus interacciones. Esto proporcionó la posibilidad de utilizar métodos experimentales con los fenómenos sociales, y la utilización de código de computadora como una manera de formalizar las

teorías dinámicas sociales [Suarez et al., 2007].

Las simulaciones del mundo real incluyendo la población como un objetivo deben incluir algunos medios de validación. En econometría, en las ciencias políticas y sociología los conjuntos de datos para la verificación son abundantes. Otros ámbitos, principalmente la antropología sufren la falta de datos. El suministro de estos datos, son una preocupación secundaria. La dificultad principal que en los conjuntos de datos se adecuen a la arquitectura del agente; un ejemplo de ello son los estudios que se centraron principalmente en las raíces cognitivas de la teoría social [Drennan, 2005].

2.3. Aplicaciones

2.3.1. Sistemas sustentables

La sustentabilidad es sinónimo de sostenibilidad se refieren al equilibrio de una especie con los recursos de su entorno. Por extensión se aplica a la explotación de un recurso por debajo del límite de renovabilidad del mismo. Los sistemas sustentables permiten proteger la integridad del mismo, son sistemas confiables y rentables, que pueden mantenerse a través del tiempo.

Si bien la sostenibilidad se asocia generalmente con la definición de desarrollo sostenible el cual se refiere al desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, para satisfacer sus propias necesidades. El concepto de sostenibilidad se aplica a los sistemas integrados que comprenden los seres humanos y el resto de la naturaleza. Las estructuras y el funcionamiento del componente humano en términos de sociedad, economía, derecho, entre otros deberían ser tal que estos mismos reforzaran o promovieran la persistencia de las estructuras

y el funcionamiento del componente natural (ecosistema, biodiversidad, ciclos biogeoquímicos, etc), y viceversa. Por lo tanto, uno de los retos de la investigación sobre la sostenibilidad radica en la vinculación de las medidas de funcionamiento de los ecosistemas a la estructura y el funcionamiento del sistema social asociado. Por ello los indicadores basados en la Teoría de la Información pueden salvar la naturaleza humana y los elementos del sistema, y tener sentido de la disparidad de las variables de estado del sistema [Cabezas et al., 2005].

El desarrollo sostenible está sobre todo en asegurar en el presente una mejor calidad de vida para cada uno y para las generaciones futuras. Esto se puede alcanzar a través de los tres filamentos de la equidad social (social, económica y ambiental) que reconoce las necesidades de cada uno, del mantenimiento de la estabilidad de estos niveles, sobre todo del desarrollo económico y el empleo, y usar los recursos naturales prudentes, mientras se protege el ambiente. Incluso un equilibrio entre dos sistemas es necesario la sustentabilidad. Por ejemplo, la actuación económica en el coste de la comunidad no es sostenible; sin proteger el ambiente más allá de los medios razonables y por lo tanto está impidiendo cualquier actividad económica. La sustentabilidad también no exige una solución perfecta. El desarrollo sostenible es esencialmente una meta o una visión hacia las cuales las organizaciones deberán planear [Ciria, 2009].

Existen ya estudios sobre este enfoque como es en la agricultura sostenible, lo cual es una filosofía que orienta el desarrollo de sistemas agrícolas que la dirección económica, social, y las cuestiones ambientales en forma multidisciplinaria. La agricultura sostenible requiere un enfoque global, sistema de enfoque orientado a la solución de problemas en la industria de alimentos y fibra [Williams and Dollisso, 1998].

Por lo tanto, uno de los retos de la investigación sobre la sostenibilidad radica en la vinculación de los distintos niveles que existen para desarrollar un sistema sustentable,

desde la economía de un país en relación a sus propios recursos y la población existente, a la disponibilidad como individuos que tiene la gente a esos recursos y su status económico. Siendo la medidas del funcionamiento de una estructura social.

2.3.2. Sistemas toma de decisiones

Para Robert Lempert [Lempert, 2002], los modelos basados en agentes son una herramienta cada vez más potentes para la simulación de los sistemas sociales, ya que pueden representar importante fenómeno difícil de captar en otros formalismos matemáticos. Pero, los modelos basados en agentes han proporcionado sólo un apoyo limitado para la formulación de políticas debido a que sus habilidades distintivas son a menudo más útiles en situaciones donde el futuro es impredecible. En tales situaciones, los métodos de análisis tradicionales con aplicación a modelos de simulación son menos eficaces en la toma de decisiones. Los modelos basados en agentes son herramientas de gran alcance para la simulación de los sistemas sociales, para empleo de organizaciones y Simuladores de Políticas Públicas; el uso de modelos como los simuladores de políticas proporcionan un apoyo cuantitativo a los toma de decisiones en los sectores públicos y privados. Esta cuestión tiene especial relevancia porque estos modelos tienen hasta la fecha un impacto limitado en la práctica de toma de decisiones.

¿Por qué los modelos de uso basados en agentes para apoyar las decisiones del mundo real? No hay escasez de representaciones matemáticas más tradicionales utilizadas para tales fines, incluyendo las ecuaciones diferenciales de la ingeniería y los modelos económicos, los analistas estadísticos, o modelos de dinámica de sistemas. Los modelos basados en agentes son útiles porque pueden representar información importante sobre el mundo los cuales con los modelos tradicionales no perciben fácilmente. En particular, los modelos basados en agentes tienen éxito en el que relaciona el comportamiento

heterogéneo de agentes con información diferente, diferentes reglas de decisión, y situaciones diferentes para el comportamiento macro del sistema global. Se ha utilizado modelos basados en agentes para combinar la información antropológica sobre el comportamiento de los individuos y grupos en sociedades con datos detallados sobre los cambios climatológicos del medio ambiente.

La capacidad de los modelos basados en agentes para conectar micro comportamientos heterogéneos con diferentes patrones de macro comportamiento plantea una segunda cuestión crucial. Una vez que los modelos se crean, cómo se debe ejercer para apoyar la toma de decisiones? Las fortalezas distintivas de los modelos basados en agentes, a menudo surgen en situaciones en que su aplicación constituye un desafío particular. Análisis de decisiones tradicional ha sido enormemente útil para que la aplicación sistemática de modelos de simulación apoye la toma de decisiones. Estos métodos emplean modelos de simulación para clasificar las acciones alternativas mediante la predicción de sus consecuencias futuras. Lo que significa, que los modelos de simulación son tradicionalmente útiles debido a su capacidad de predecir con certeza el futuro, ya sea en un sentido de estimación probabilística. Pero los modelos basados en agentes son a menudo más útiles en condiciones de profunda incertidumbre donde estas predicciones no son posibles.

Al abordar un problema complejo de políticas públicas, como las acciones que deben tomar a la amenaza del cambio climático global, tiene un gran número de escenarios potencialmente relevantes que deben ser considerados. Como mínimo, el análisis de políticas rigurosas requiere algún medio para definir e identificar los escenarios más importantes. Los avances que se ha hecho en simuladores de modelos basados en agentes viables también han permitido a los nuevos métodos de análisis de decisiones adecuarlas este tipo de problemas La incertidumbre surge cuando las partes de una decisión no saben o no se pueden ponerse de acuerdo sobre uno o varios componentes clave de

un análisis de decisión: el modelo del sistema, las probabilidades a priori de cualquier parámetro que describe el modelo del sistema, y / o el valor de la función utilizada para clasificar los resultados del modelo; para el uso con modelos no predictivos. Estos métodos de simulación multi-escenario proporcionan una orientación sistemática y cuantitativa en cuanto a qué escenarios debe examinar la información y extraer.

Los métodos de simulación Multi escenario toman una variedad de formas y están emergiendo con modelos-basado en agentes no predictivos. Todos hacen hincapié en uno o más pasos clave. En primer lugar, que utilizan conjuntos de escenarios, con cientos de millones de miembros, para capturar lo que se conoce sobre el futuro, en vez de una sola cifra o pequeño de las instalaciones. En segundo lugar, se comparan las decisiones de políticas alternativas a través de este conjunto de escenarios en función de criterios como la robustez, resistencia y estabilidad. Una estrategia sólida es aquella que funciona relativamente bien, en comparación con las alternativas, a través de una amplia gama de futuros posibles. El análisis de la política tradicional se basa en el criterio de optimización o eficiencia. Las políticas alternativas son clasificadas por su desempeño esperado dada la ponderación de probabilidades sobre los escenarios alternativos. Pero, la robustez es un criterio mejor en aquellas situaciones en las que es difícil predecir el futuro, es decir, la probabilidad de escenarios alternativos es desconocida. No es de extrañar, robustez, no la eficacia ni la optimización, es a menudo el criterio humano los tomadores de decisiones en uso en la práctica este tipo de situaciones. Finalmente, los métodos de simulación multi-escenario en cuenta explícitamente las decisiones de política como una respuesta adaptativa que evolucionará con el tiempo a la nueva información, más que un conjunto fijo de acciones. Los responsables políticos suelen lograr robustez con la planificación adaptativa tal. En conjunto, estos pasos se utiliza la computación como una herramienta interactiva para ayudar a los humanos con lo que mejor saben hacer, descubrir patrones, hacer hipótesis acerca de las mejores acciones

a tomar, y poner a prueba estas hipótesis con los datos disponibles capturados en el escenario de conjuntos-en lugar de utilizar computadoras como las calculadoras para apoyar el razonamiento deductivo. Por ejemplo, la simulación multi-escenario menudo define, en el inicio del análisis, los escenarios más importantes como las de mayor utilidad en la obtención de información y apoyo por parte de las partes involucradas en la decisión. Al final del análisis, los escenarios más importantes se pueden destacar las más de las acciones políticas recomendadas[Lempert, 2002] .

2.3.3. Sistemas sociales

Cuando se habla de sistemas sociales se debe tener ciertas características básicas en las organizaciones; una de ellas es que las consecuencias de los sistemas sociales son probabilísticas y no-determinísticos. Además el comportamiento humano nunca será totalmente previsible, ya que las personas son complejas. Por esto, la administración no puede esperar a que consumidores, proveedores, agencias reguladoras y otros, tengan un comportamiento previsible [Suarez et al., 2007].

Las organizaciones son vistas como sistemas dentro de sistemas. Dichos sistemas son complejos, produciendo un todo que no puede ser comprendido tomando las partes independientemente. La organización se debe enfocar como un sistema que se caracteriza por todas las propiedades esenciales a cualquier sistema social [Yolles, 2006].

Interdependencia de las partes Un cambio en una de las partes del sistema, afectará a las demás. Las interacciones internas y externas del sistema reflejan diferentes escalones de control y de autonomía.

Homeostasis o estado firme La organización puede alcanzar el estado firme, solo cuando se presenta dos requisitos, la unidireccionalidad y el progreso. La unidireccionalidad significa que a pesar de que haya cambios en la empresa, los mismos resultados o condiciones establecidos son alcanzados. El progreso referido al fin deseado, es un grado de progreso que está dentro de los límites definidos como tolerables.

Fronteras o límites Es la línea que demarca lo que está dentro y fuera del sistema. Podría no ser física. Una frontera consiste en una línea cerrada alrededor de variables seleccionadas entre aquellas que tengan mayor intercambio (de energía, información) con el sistema.

Morfogénesis El sistema organizacional, diferente de los otros sistemas mecánicos y aun de los sistemas biológicos, tiene la capacidad de modificar sus maneras estructurales básicas, es identificada por Buckley [Boulding, 1956] como su principal característica identificadora.

2.3.4. Comportamiento social

El comportamiento social, es un comportamiento que favorece a los que conforman el grupo, en el que produce la cooperación y auto-organización [Jaffe and Zaballa, 2010]. Para entender el concepto de auto-organización se requiere definir primeramente que es la organización, siendo esta primera parte difícil como lo explica Ross Ashby [Ashby, 2004] el uso de la palabra “organizaciones” , abarca una multiplicidad de significados; ya que las operaciones a las que corresponde, en el mundo de la computación y el cerebro, se convertirán cada vez más importante. El núcleo del concepto es proporcionar la “condicionalidad”. El ejemplo que nos da este autor es la relación entre dos entidades A y

B se convierte en condicional sobre el valor de C o el estado entonces un componente necesario de la “organización” está presente. Así la teoría de la organización es en parte co-extensiva con la teoría de funciones de más de una variable. Contraponiendo la inversa de la “condicional” es “no condicional”, por lo tanto la inversa de la “organización” debe ser, como la teoría matemática muestra claramente, el concepto de “potencial de reducción”. (También se le llama “separabilidad”.) Esto ocurre, en forma matemática, cuando lo que parece una función de varias variables (tal vez muchos) en un examen más detallado demuestra que las partes cuyas acciones no están condicionadas a los valores de las otras partes. Se presenta en forma mecánica, en hardware, cuando lo que parece ser una máquina de prueba que se compone de dos (o más) sub-máquinas, cada una de ellas actúa independientemente de las otras. Las Cuestiones de “condicionalidad”, y de su inversa “reducibilidad”, pueden ser tratadas por un número de métodos matemáticos y lógicos. Sin embargo, la opinión de que el método de análisis llega la incertidumbre, nos da un método para el tratamiento de condiciones que no sólo es completamente rigurosa, pero también de extrema general. Su generalidad y la idoneidad para su aplicación al comportamiento complejo, radica en el hecho de que es aplicable a cualquier arbitrariedad definida de los Estados. Su aplicación no requiere ni linealidad, ni continuidad, ni métrica, ni siquiera una relación de orden. En este cálculo, el grado de condicionalidad puede ser medido y analizado, y se distribuye entre los factores y las interacciones de una forma exactamente paralela al método de Fisher en el análisis de varianza, sin embargo, que no requiere de métricas en las variables, sólo las frecuencias con las que la varias combinaciones de estados ocurren. Así como la concepción de Fisher en el análisis de varianza arroja complejas relaciones que pueden existir entre las variaciones en una métrica, por lo que McGill y la concepción de Garner de análisis de la incertidumbre nos puede dar una comprensión mejor de todo de cómo tratar las complejidades de la relación cuando las variables no son métricas [Ashby, 2004]. En un

sistema social siempre existen las preguntas de cuáles son los comportamientos de los individuos en una aglomeración: en ciudades, grupos o redes y por qué la gente muestra tal conducta. En el artículo de Helbing trata de explicar tales comportamientos [Helbing et al., 2009]. Él explica que la cooperación es crucial para las sociedades, ya que permite la creación de bienes comunes que ningún individuo aislado podría establecer solo. Estos bienes son infraestructuras compartidas a las instituciones sociales. Sin embargo la contribución de los bienes públicos, establece un dilema, como estos bienes son compartidos por todo el mundo, existe la tentación de hacer lo menos posible una contribución propia y recibir estos bienes lo más que se puede. En consecuencia, existe la contaminación y la explotación de nuestro medio ambiente, y el problema de beneficios sociales sostenibles [Helbing et al., 2009].

Sistemas de Auto-organización

Para Helbing la cooperación tiene que ver con la conducta moral [Helbing et al., 2009]. Y propone el desarrollo de modelos que no asuma por sí misma una inclinación hacia un comportamiento cooperativo o defectuoso. Supone que el comportamiento de los individuos puede cambiar la cooperación, dependiendo de las condiciones. En el cual asume estas condiciones [Helbing et al., 2009]:

- Los individuos con similares estrategias de comportamiento tienden a aglomerarse. (formando grupos, ciudades, etc.)
- Los individuos con diferentes estrategias de conducta tienden a segregarse.
- Comportamientos individuales son parcialmente determinados por el entorno social a menudo asumiendo las normas sociales.
- Los entornos sociales persisten por varias personas a contribuir en objetivos, que es bien conocido por muchas instituciones sociales, teniendo en cuenta su inercia.

Ladoli y Zollo definen la organización como el resultado de dos procesos interdependientes [Landoli, 2007]: a. Construcción social que determina significados compartidos y códigos de conducta a través de la institucionalidad y los valores de b. procesos de interpretación a través de la que los individuos elaboran eventos generando nueva información. Como consecuencia, las organizaciones presentes es una mezcla de conocimiento de la composición de un gran número de variables que son codificadas, reconocidas y explicadas. El mundo de la organización dominante, compuesto por normas, procedimientos, jerarquías y el mundo de la naciente organización, formada por los comportamientos y las interpretaciones individuales, son a la vez complementarios y antagónicos al mismo tiempo [Landoli, 2007]. Para Ashby la auto-organización tiene que ver con el termino Homeostático en el que se refiere a tener un número pequeño de variables esenciales que sirvan para mantener su funcionamiento con bastantes condiciones ambientales, de modo que si el organismo cambia y con ello cambia las variables más allá de los límites en el homeostático podría funcionar con seguridad, en un nivel "más alto" de la máquina se activó con el fin de restablecer las conexiones internas al azar al nivel inferior o de la organización [Ashby, 2004]. Al igual que las mutaciones se dieron durante la evolución, si el nuevo rango establecido al azar resulta funcional, el homeostático sobrevive, de lo contrario expira .Ya que él no creía que su formalismo por sí mismo pudiera de-linear completamente la organización a nivel inferior de homeostático, la novedad de adaptación de homeostático es puramente el resultado de su asignación al azar de nivel superior que podrían reorganizar el nivel inferior y no una propensión innata para el cambio de autónomas.

Ashby esta desacuerdo con la interpretación de auto-organización, que se maneja actualmente, la cual es una máquina o un organismo vivo que por sí sola, puede cambiar su propia organización (en sus propios términos, las asignaciones funcionales). Para el autor la auto-organización es el resultado de la asignación al azar de nivel superior

que podrían reorganizar el nivel inferior y no una tendencia innata para el cambio de autónomas [Ashby, 2004].

Al abordar la cuestión de la interrelación entre la influencia social y conducta cooperativa, una teoría sustantiva asume que el nivel micro influye la explicación de lo macro. Como consecuencia de ello, los científicos sociales han promovido la idea de la herencia cultural según el cual ciertos comportamientos se originan de aprendizaje social. El aprendizaje social es de gran importancia para el desarrollo de los seres humanos, como la complejidad de nuestro entorno social implica que no podemos aprender todo por ensayo y error. El aprendizaje por observación, la imitación, facilita una rápida difusión de los comportamientos de éxito en los barrios sociales, incluso más allá de los límites de las relaciones familiares. Por otra parte, la teoría micro-escala de la toma de decisiones tiene en cuenta un nivel considerable de incertidumbre y de azar. Esto se sustenta en las teorías del aprendizaje social. Todo el mundo está expuesto a una gran variedad diferentes influencias sobreponiendo unas de otras; como consecuencia, no se puede esperar el poder describir el comportamiento humano mediante un modelo determinista. Además, la comprensión de las relaciones micro-macro en los sistemas sociales, como la coevolución social y la cooperación requiere de un mecanismo dinámico, en relación con los patrones en el tiempo de lo micro-macro [?]. La teoría evolutiva ha sido recientemente aplicada para entender cuáles son las conductas que en realidad propagada y cuáles son las que desaparecen. Aquí, el supuesto de la selección natural y la competencia, junto con una reproducción más rápida de los individuos más exitosos finalmente lleva a una selección de los comportamientos con más éxito. Este mecanismo de propagación, basado en la reproducción genética, puede ser descrito por las ecuaciones de replicador, mientras que la imitación de conductas se vuelve ecuaciones dinámicas de juego, que formalmente tienen el mismo aspecto. Suponiendo que los comportamientos más exitosos son imitados con mayor frecuencia que los de menos éxito,

esto también implica una propagación de comportamientos, que tienen más éxito que la media [Helbing et al., 2009].

Principios de auto-organización

Ya que existe una gama de fenómenos que existe en una organización, si se tuviera que tratar por completo en el plano tecnológico, sería impracticable por la gran cantidad y complejidad de la misma. El rango total puede ser utilizado sólo poco a poco, los homomorfismos de todo lo que es complejo lo llama Ashby "teoría abstracta." "principios generales". Sólo esta teoría da la visión panorámica que nos permite movernos en este vasto campo sin perder la compostura. Proponiendo encuestas oculares para esa toma de información.[Ashby, 2004].

Por otra parte Prokopenko explica todos los componentes que lleva un sistema a ser auto-organizable, en el cual nos dice que la ciencia estudia los fenómenos generales de los sistemas que están compuestos de muchos elementos simples que interactúan en una forma no trivial. Hoy en día el análisis de los sistemas con un gran número de componentes que interactúan trivialmente se explican con ayuda de la estadística [Prokopenko et al., 2009].

En su artículo [Prokopenko et al., 2009] resume la dinámica de sistemas complejos de la siguiente manera:

- (1) sistemas complejos son «abiertos», y reciben un suministro regular de energía, información, y / o materia del medio ambiente;
- (2) Una grande, pero no demasiado grande, conjunto de componentes que interactúan de un modo no trivial;
- (3) Las interacciones no triviales dan lugar a limitaciones internas, a la ruptura de

la simetría en el comportamiento de los componentes individuales, de la que surge en coordinación del comportamiento global;

(4) el sistema es ahora más organizada de lo que era antes, ya que el sistema es “auto-organizada”;

(5) esta coordinación se puede expresar como patrones detectables por un observador externo o como estructuras que transmiten nuevas propiedades a los sistemas. Nuevos comportamientos “emergen” del sistema;

(6) la coordinación y las propiedades emergentes pueden surgir de la respuesta de especímenes a la presión ambiental, en cuyo caso podemos decir que el sistema muestra la adaptación;

(7) cuando la adaptación se produce a través de generaciones a nivel de población se dice que el sistema evolucionó;

(8) en coordinación con las propiedades emergentes dan lugar a mayor escala. Estos conjuntos de componentes interdependientes con propiedades emergentes se puede observar como entidades coherentes a una resolución más baja que la necesaria para observación de estos componentes.

La teoría de la organización presenta a la complejidad como una propiedad objetiva de la organización, por ejemplo, su grado de centralización y formalización. Se considera como una característica objetiva de la estructura de una organización, define y se mide en términos del número de sus partes constitutivas, su diversidad y las relaciones. En la década de los noventas, la complejidad también se convirtió en el comportamiento organizacional complejo, con pequeños cambios en la unidad o el nivel establecido, capaces de dar lugar a lo que conocemos como complejo” [Fioretti and Visser, 2004].

Emergencia

El concepto de emergencia consiste cuando un gran número de entidades interactúan y el sistema resultante puede mostrar características y comportamientos que no se muestran en los componentes individuales. El cuerpo humano posee conductas y funciones que no son expresadas partiendo de las células individuales, ni las propiedades surgen de los átomos individuales, las sociedades experimentan la dinámica que trasciende de los individuos. Existen ejemplos como el Juego de la Vida en el que muestra cómo las normas locales generan características cuya dinámica no es explícitamente codificada en el algoritmo. Los ejemplos están presentes en la naturaleza, todas las estructuras llegan a emerger de los niveles subyacentes más simples. Sin embargo la emergencia es muy difícil de definir y conceptualizar; la razón fundamental es que en un proceso emergente, es muy difícil de discriminar “quién hace qué”. Un ejemplo claro [Boschetti and Gray, 2008] es cuando uno escucha música, ¿es mi ‘emerge’ la decisión o las células del cuerpo? El cuerpo depende de la actividad celular para su funcionamiento, así que las células deben ser los entes de control. Sin embargo, ninguna célula decide escuchar la música no es algo que las células “hagan”. Esto lleva directamente a los problemas filosóficos antiguos y no resueltos de la causalidad, determinismo y libre albedrío [Boschetti and Gray, 2008]. Es crucial que esto también es un problema tecnológico. Hoy en día, probablemente por primera vez en la historia, los avances tecnológicos en muchas aplicaciones dependen de la comprensión de los fenómenos emergentes. Los avances en la tecnología de la información, la epidemiología, manejo de ecosistemas, Ciencias de la Salud, dependen de los enfoques que van más allá del reduccionismo tradicional y la dirección de la comprensión de cómo surgen las propiedades emergentes; se debe tener en cuenta las relaciones causales y poder causal ; la causalidad útiles requiere control. En otras palabras, usamos la palabra causa de los

acontecimientos que puedan ser controlables. En la literatura filosófica controlable es el equivalente de la idea de poder. En otras palabras, el valor del concepto de causalidad se encuentra en su identificación del lugar en nuestro poder y el control puede ser eficaz. Por ejemplo, si bien es cierto que las bacterias y los mosquitos siguen las leyes de la física, muchas veces no nos dicen que la malaria es causada por las leyes de la física. Eso se debe a que puede aspirar a controlar las bacterias y mosquitos, pero no las leyes de la física. Boschetti y Gray hace distinción entre tres tipos de emergencia, según el incremento del nivel de causalidad: la formación de patrones, la aparición intrínseca y el causal de emergencia.[Boschetti and Gray, 2008] . Para Stephen Pepper la emergencia significa un cambio de algún tipo [Pepper, 1926]. Menciona tres tipos de proposiciones importantes:

- (1) Existen niveles que define en términos de grados de integración;
- (2) Existen marcas que distinguen a estos niveles el uno del otro por encima de los grados de integración;
- (3) Es imposible deducir de las marcas de un nivel más alto de los de un nivel inferior, e imposible deducir las marcas de un nivel inferior a las de un superior.

Una ley debe ser emergente, por lo tanto, implica la aparición de nuevas variables. Pero estas nuevas variables o bien tienen algún tipo de relación funcional con el resto de las variables de nivel inferior. El supuesto en las teorías de la emergencia es que los cambios mecánicos, en un solo nivel se llaman turnos y son predecibles, pero los cambios emergentes no lo son, ya que la emergencia surge a través de otro nivel inferior o superior [Pepper, 1926]. Otros autores mencionan que el paradigma emergente de la cognición social, promueve la integración entre los enfoques cognitivos y sociológicos. Y avances recientes como en el campo de la inteligencia artificial, ayudan al reconocimiento entre el conocimiento individual y la interacción social. Existen herramientas elegida

metodológica para el análisis de estos problemas complejos como es la simulación basada en agentes a través de la creación de escenarios virtuales llevada a cabo por medio de algoritmos en los que varias tipologías de agentes independientes interactuar con sus compañeros y con el entorno que causa la aparición de los fenómenos globales y las tendencias de masas que puede explicarse a partir de los comportamientos individuales y las formas de interacción [Landoli, 2007].

Capítulo 3

Metodología

Este proyecto está orientado al estudio de matices elementales relacionados a la integración de grupos, definiendo relaciones, acciones y normas que se generan el mundo real; proponiendo un modelo basado en agentes que represente a los individuos una metodología para la integración de los grupos y que a su vez un grupo social pueda ser representado como un solo agente a un “nivel” superior.

En base a esto surgen cuestionamientos de la siguiente forma:

¿Es posible modelar acciones colectivas, donde la cooperación, coordinación y los procesos de negociación se den entre los agentes, implementando teorías de cómo los individuos se asocian? ¿Es posible diseñar una herramienta de simulación basada en agentes que sirva para modelar problemas sociales complejos y puedan ser utilizados por investigadores que no tengan que ver directamente con la ciencia computacional, para analizar problemas de carácter social? ¿La abstracción de agentes es lo suficiente mente robusta para representar la complejidad de los problemas actuales? ¿Existen plataformas que pudieran modelar agencias distribuidas en diferentes a niveles? ¿Qué características deben tener las herramientas computacionales que sirvan para modelar dichos

problemas? ¿Es posible abstraer los cuantificadores de nuestro lenguaje, para la toma de decisiones en la integración de un grupo? ¿Los modelos obtenidos de simulación pueden demostrar ser lo suficientemente acertados, para demostrar o complementar una teoría en la dinámica de la organización social?

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis 1

Es posible realizar una simulación basada en agentes que pueda adoptar las teorías de cómo las personas se asocian, para observar estructuras, dinámicas de los grupos y comportamiento emergente de las sociedades. Para poder ser aplicadas en problemas complejos y tener una aproximación mas real con el uso de las agencias distribuidas multi-nivel.

3.1.2. Hipótesis 2

Las herramientas actuales no contribuyen lo suficiente para configurar diferentes niveles de agencia en los agentes de software, pero es posible si se seleccionan casos de estudio representativo y se desarrollan nuevas plataformas que apoyen el método de análisis a evaluar.

3.1.3. Hipótesis 3

La validez de los resultados de las simulaciones demostrara proporcionar una poderosa alternativa para complementar, sustituir y ampliar los enfoques tradicionales, siendo evaluada por investigadores en el campo social; así como los modelos obtenidos.

3.2. Objetivos

3.2.1. Objetivo principal

Evaluar la metodología de análisis de problemas complejos utilizando agencias distribuidas multi-nivel y sistemas de simulación.

3.2.2. Objetivos específicos

Identificar acciones colectivas, cooperación, coordinación y procesos de negociación extraídas de la teorías de cómo los individuos se asocian para poder ser implementadas en agentes. Proponer una metodología computacional en la agrupación de agentes simulando entornos sociales, estableciendo las normas de comportamiento colectivo. Diseñar una herramienta de simulación basada en agencias distribuidos multi-nivel que sirva para modelar problemas sociales complejos. Proponer casos de estudio y la obtención de base de datos para la representación de sistemas reales. Proponer un marco de trabajo teórico y práctico que apoye la evaluación de simulaciones. Proponer una plataforma de simulación que sirva para evaluar la metodología a través de los casos de estudio propuestos. Analizar las plataformas existentes que pudieran modelar agencias distribuidas en diferentes a niveles. Y si no se contara con ella definir las características necesarias para su implementación. Implementar la plataforma y realizar una evaluación cualitativa con investigadores expertos en el área social que puedan validar su aplicabilidad.

3.3. Metas

- Contar con una metodología computacional en la formación de grupos sociales implementando agentes y simulando entornos sociales.

- Aportar técnicas de investigación en áreas interdisciplinarias.
- Publicar resultados a nivel nacional e internacional.
- Pertenecer y participar en una comunidad de investigación en el área.
- Involucrar a investigadores y estudiantes en el proyecto.

3.4. Metodología

Una metodología viable para la simulación social compleja debe ser conformada por las necesidades específicas del problema social a modelar [Cioffi-Revilla, 2010].

Para ello el modelo de [Rossiter et al., 2010] siendo una evolución del modelo Gilbert y. Troitzsch nos ayuda a la abstracción del proceso de simulación en general, donde proponen una metodología computacional en un problema social, en esta metodología existe una reiteración entre los procesos, ya que las decisiones sobre el investigador, se da cuando progresa a través del diseño de cómputo formal, o modelo de diseño, al desarrollo de software y a la experimentación de la simulación (con la recopilación de datos empíricos necesarios). Los Análisis de los datos son el principal mecanismo por el cual las decisiones de diseño son re-evaluadas y el proceso iterativo. Este análisis tanto de datos del mundo real empíricos y los datos producidos por la simulación, son constantemente comparados.

Esta metodología se centra principalmente en la posición científica: La cual es la naturaleza de las preguntas sobre la investigación. Esto cubre el alcance y propósito de lo que se quiere saber sobre el mundo real.

Las opciones epistemológicas y metodológicas. Es aquí donde se incluyen las formas en que la modelización y la simulación nos pueden dar el conocimiento científicamente

válido acerca de estas preguntas de investigación. Las preguntas de investigación sugieren que las opciones epistemológicas y metodológicas, sugieren formas particulares de ver el problema y de los hechos del mundo real. Es donde las teorías de cómo se asocian los individuos son analizadas y donde surgen las preguntas de la investigación.

Las cuestiones epistemológicas serán tomadas de teorías de cómo se asocian las personas. Como se muestra en la figura la lógica de simulación como el método de investigación. Las flechas rojas muestran las rutas principales donde se ajustan las decisiones del diseño. Es donde existe una recursiva de los procesos, ya que las decisiones sobre la investigación, se da en el análisis de datos y esto genera una revisión de la postura científica, el diseño del modelo formal, y el desarrollo de software; Por otra parte los modelos creados de esta investigación serán evaluados de manera cualitativa por investigadores expertos en el área. De manera concreta la metodología esta dividida en tres etapas:

3.5. Primera etapa

Revisión de la literatura interdisciplinaria, como teorías donde explican de cómo se asociando los individuos, generación de grupos sociales entre otros. Y de las áreas seleccionadas de los casos particulares propuestos identificando relaciones representativas y variables significativas.

Definir medidas de desempeño del sistema y definir las funciones objetivo de los agencias.

Recolección de datos reales para los casos de estudio y el análisis de los datos de entrada, seleccionando el tamaño de muestra estadísticamente válido, y un formato de datos procesable por computadora.

Construir una estructura preliminar del modelo, interrelacionando las variables del sistema y las medidas de desempeño, introduciendo presunciones y simplificaciones adecuadas; del como adoptar teorías de asociación, y del cómo formar nuevos grupos de agentes, el comportamiento emergente de las sociedades y las Agencias distribuidas multi-nivel.

3.6. Segunda etapa

Se construye un modelo del sistema con los aspectos importantes de cada sistema. Se trata de comprender el sistema, ya sea siguiendo una aproximación de flujo físico basado en el flujo de entidades a través del sistema real. Después se construye el modelo. Para ello se definen objetos, atributos, métodos, en el paradigma elegido. En esta etapa trataremos de implementar en herramientas de simulación como es el caso del NETLOGO, entre otros para fin de evaluar cualitativamente la efectividad de la herramienta y así poder experimentar con casos de estudio propuestos. Y así poder determinar si es posible el uso agencias distribuidas con las nuevas herramientas que existen hoy en día, en caso contrario adecuar, modificar, rediseñar o construir completamente desde el inicio una plataforma que sirva para implementar agencias distribuidas como lo propone la metodología.

3.7. Tercera etapa

Verificar la consistencia interna entre los modelos propuestos y la validación en él que se enfoca la correspondencia entre el modelo y la realidad. En base a esto debe refinarse. Evaluar estadísticamente las salidas del simulador para determinar algún nivel de precisión de las medidas de desempeño. Diseñar experimentos de simulación basados

en la repetición de la simulación con las variables de decisión en varios niveles y analizar las salidas de la simulación para comprender el comportamiento deseado del sistema, estas salidas se usan para obtener respuesta al comportamiento del sistema original. Evaluar los resultados obtenidos por investigadores especialista en el campo; así como los modelos obtenidos.

El objetivo es introducir nuestra metodología como una alternativa para describir los modelos de fenómenos sociales lo más cerca posible a la realidad necesariamente requiere el uso de diferentes métodos de modelización. Por otra parte, se mostrará que la integración de modelos en términos de Agencias distribuidas proporciona una visión integrada y se puede añadir ideas nuevas a los enfoques singulares de Sistemas Multi-Agentes.

Capítulo 4

Agencias distribuidas

4.1. Agencia distribuida

Los modelos basados en agentes y las sociedades artificiales son muy similares siendo las mismas técnicas en los sistemas dinámicos, autómatas celulares, algoritmos genéticos y sistemas de agentes distribuidos. Sus diferencias se centran en la simulación de los sistemas, y en el diseño de los programas de investigación citeDrennan2005. Agentes distribuidas o agentes de distribución no define a los agentes independientes, sino que considera al organismo que se extienda por todo el sistema.

Los agentes pueden ser cualquier proceso, el cual pueden cambiar el sistema en base a la información que contiene independientemente.

La idea detrás de un lenguaje de modelado distribuido organismo se deriva de una visión del mundo en el que es omnipresente la aparición, en la que nos encontramos con conjuntos que son irreductibles a sus piezas, y existen en diferentes dimensiones donde se aplican normas diferentes [Suarez et al., 2008].

Las agencias distribuidas tratan de resolver problemas entre un grupo de agentes,

encontrando la solución del resultado de la interacción cooperativa entre los agentes.

La comunicación facilita los procesos de cooperación. El grado de cooperación que hay entre agentes puede ir desde una cooperación completa hasta una hostil. En el primer caso se paga un alto coste por la total comunicación entre agentes, pero en el segundo puede ocurrir que unos agentes bloqueen los objetivos de otros. Para que los mecanismos de cooperación y coordinación tengan éxito en un sistema de agentes, debe de existir un mecanismo adicional, por medio del cual, los integrantes de un sistema se puedan poner de acuerdo cuando cada agente defiende sus propios intereses, llevándolos a una situación que los beneficie a todos, teniendo en cuenta el punto de vista de cada uno. Este mecanismo se conoce como negociación [Gilbert, 2007].

Existen varias aplicaciones de esta tecnología basada en agentes es considerada muy apropiada para el desarrollo de sistemas industriales distribuidos como son los procesos de control: lo cual es una gestión autónoma de edificios inteligentes con propia seguridad y consumo de recursos. En otro tipo de área se han desarrollado aplicaciones para el control del tráfico aéreo en aeropuertos como el de Sídney en Australia [Julian and Botti, 2000]. Agentes de distribución es una estrategia prometedora que puede corregir una arquitectura centralizada indeseable [Russell and Norvig, 2004].

4.2. Niveles de Agencias

A lo largo de las líneas de los enfoques tradicionales del Sistema multi-agente y maximización de la utilidad, el actor elige su mejor alternativa dado el conjunto de posibilidades que encuentra en cada uno de estos niveles. La principal diferencia de nuestro enfoque es que el espacio de fase incluye las transformaciones hechas por un nivel superior, el agente como “agon” a la que pertenece. Por otra parte, el agente se

compone de subcomponentes de menor nivel que pueden poseer sus propias agencias. Es la responsabilidad del agente de presentar sus subcomponentes con espacios individuales de fase con soluciones óptimas que sean aceptables para el agente de nivel superior que lo abarca. En otras palabras, los agentes subcomponente optimizar los espacios de fase en la que se encuentran, mientras que la parte superior a su nivel debe considerar la manipulación de estos reinos de posibilidades que hará que el comportamiento global deseado. En este sentido, si tenemos en cuenta que una empresa sea un agente, este nivel se compone de las subdivisiones que forman la empresa, que a su vez son dirigidos por un grupo de personas. La compañía también se encuentra en un “anagon” un nivel superior que incluye todas las posibles normas para la industria, que a su vez está encapsulada en una sociedad determinada.

La metodología a emplear representa un nuevo enfoque para la creación de una arquitectura de simulación. Esta metodología, titulado Agencias distribuidas (DA), representa una teoría general de la conducta colectiva y la formación de estructuras. El enfoque de DA trata a los agentes como algo que puede ser parecido a un agente, en contraposición a un enfoque tradicional en la que las entidades son un agente o no. Estas entidades jerárquicas y multidimensionales son llamadas “agons”, que es un neologismo necesario para evitar la confusión con un agente de definición tradicional. Los Agentes son considerados en este marco como intermedios, sólo poseedores de un cierto grado de agencia, que es concedida por el agente de nivel superior a la que pertenecen, y extraído de la parte del nivel inferior de los agentes que lo componen.

La metodología propuesta redefine los niveles de agencia en dos formas. En primer lugar, no hay obvios agentes. Para todas estas entidades que representan una fuerza emergente resultante de la organización de los sub-agentes en un “nivel inferior” son llamados “katagons”. En segundo lugar, los agentes que están dentro de un grupo a nivel «superior» pertenecientes a este grupo, esta entidad es llamada “anagon”.

El lenguaje de agencia distribuida expresa el comportamiento observado como el resultado de agentes que maximizan sus funciones objetivo. Tomando el concepto de la representación Agon (AR) como una posición de referencia descriptiva en la que todo el comportamiento es el resultado de la optimización de agons, entrelazados y potencialmente definido en múltiples dimensiones. Un AR describe cómo el sistema se desarrolló, como cualquier agon toma decisiones en un entorno que implícitamente considera los efectos de sus acciones mismos en el futuro, la familia y otros miembros del grupo.

4.3. Metodología Propuesta

El objetivo de nuestro estudio es poder desarrollar una metodología utilizando diferentes teorías matemáticas computacionales las cuales no son convencionales en la aplicación de las ciencias sociales y un nuevo enfoque para la creación de arquitecturas de simulación por computadora. Aunque la aplicación de agentes en las ciencias sociales ha sido divulgada en el campo de la Inteligencia Artificial (Gilbert 2007) siendo una de las primeras áreas donde se empezó a trabajar en este tema [Russell and Norvig, 2004] y más concretamente en Sistemas Distribuidos [López et al., 2002]. Por si solas no soy suficientes para la solución de un modelado de un sistema social real. Sin embargo el uso de los Sistemas basados en Agencias Distribuidas DA es un área de activa investigación, con aplicaciones muy prometedoras en la ingeniería y en las ciencias sociales y minimiza la barrera entre sistemas físicos y sociólogos, ya que la percepción de manera de ver el mundo no es lineal.

El propósito de nuestro trabajo es mostrar cómo los DA en combinación de distintas técnicas pueden ser utilizados para resolver y simular el comportamiento social, acomodando agentes con racionalidad limitada y con interacciones complejas. Mejorando

así nuestro conocimiento de la complejidad social, para así poder sentar las bases de una Metodología para un estudio no-lineal de los estudios tradicionales que hoy existen. Con este estudio utilizando distintos enfoques, se pretende observar cómo interactúan los agentes en su entorno, comportamiento y las relaciones en los distintos niveles como lo es en el mundo real. La metodología a emplear representa un nuevo enfoque para la creación de una arquitectura de simulación. Esta metodología, de Agencias distribuidas (DA), representa una teoría general de la conducta colectiva y la formación de estructuras. [Suarez et al., 2008]. La metodología propuesta redefine los niveles de agencia. Todas estas entidades representan una fuerza emergente resultante de la organización de los sub-agentes en un "nivel inferior", los cuales están dentro de un grupo a nivel superior. Este lenguaje de agencia distribuida expresa el comportamiento observado como el resultado de agentes que maximizan sus funciones objetivo [Suarez et al., 2009]. Siendo a un nivel inferior las poblaciones de agentes cuya adaptación sea resultado de interacciones complejas en la dinámica no lineal, los cuales surjan fenómenos emergentes del sistema. Y poder comparar las propiedades, procesos y relaciones existentes del sistema artificial con el sistema real. La metodología propuesta consta de 8 pasos:

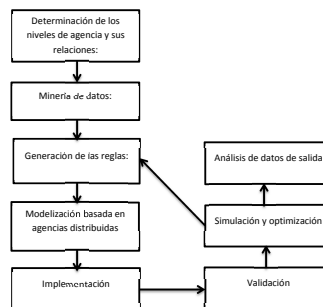


Figura 4.1: Metodología Propuesta

4.3.1. Determinación de los niveles de agencia y sus relaciones:

En esta fase se analiza el sistema social las relaciones existentes y se determina los niveles del sistema. Para ello, primero se trata de identificar los problemas a resolver y se describe su operación para cada nivel dentro de un marco físico y se identifican las variables de entrada y salida del sistema ya sean de decisión o parámetros. Se debe de buscar de adecuar una filosofía intrínsecamente holística, sin tratar de reducir los sistemas a sus componentes por separado. Ya que el mundo real ningún fenómeno puede existir por sí solo, donde los nodos se definen por sus vínculos con otros nodos y enlaces[Heylighen, 2008]. Para ello es necesario tener establecidas las funciones objetivo de cada nivel de agencia y los nodos y enlaces que prevalecen.

4.3.2. Minería de datos:

Los estudios que se realizan en las ciencias sociales como demografía o economía son datos abundantes. Pero el principal problema es encontrar que los conjuntos de datos se adecuen a la arquitectura deseada [Márquez et al., 2010a]. El aumento continuo de la disponibilidad de la información, a partir tanto de otros proyectos existentes como bases de datos necesarios para la simulación social convierte imprescindible el uso de la minería de datos. En nuestro caso por la gran cantidad de datos donde podemos obtener la información cuantitativa necesaria sobre los aspectos más importantes del rubro del sistema social y del sistema económico de bases de datos gubernamentales. La minería de datos nos da el proceso de extracción de información implícita, como por ejemplo los patrones sociales, con el objetivo de descubrir conocimiento [Dubey et al., 2004]. El uso de estas técnicas ha tenido progresos significativos en este campo durante los últimos años, la mayoría de los esfuerzos de investigación se dedican al desarrollo eficaz y eficiente de algoritmos que pueden extraer el conocimiento de datos[Peng et al., 2008].

4.3.3. Generación de las reglas:

Utilizando el sistema Neuro-Fuzzy para la generación automática de las reglas necesarias, esta fase de extracción de datos con un sistema Fuzzy se vuelve complicado ya que hay que determinar las normas suficientes y que variables debe uno tomar en cuenta. Utilizando el método de búsqueda de Nelder-Mead(NM), siendo más eficiente sobre otros métodos como Algoritmos Genéticos, demostrados en otras investigaciones[Rantala and Koivisto, 2002]. Ya que el método NM parece producir modelos más precisos con menos reglas. Este algoritmo de optimización es ampliamente utilizado y es un método numérico para minimizar una función objetivo en un espacio multidimensional, busca de modo aproximado una solución óptima local a un problema con N variables cuando la función a minimizar varía suavemente [Stefanescu, 2007].

4.3.4. Modelización basada en agencias distribuidas:

El modelado basado en agentes proporciona una mejor comprensión de la estructura y de los procesos de los sistemas sociales y en las últimas décadas ha tenido gran aceptación[Gilbert, 2007]. Los modelos basados en agentes y las sociedades artificiales son muy similares siendo las mismas técnicas en los sistemas dinámicos, autómatas celulares, algoritmos genéticos y sistemas de agentes distribuidos. Sus diferencias se centran en la simulación de los sistemas, y en el diseño de los programas de investigación [Drennan, 2005]. En esta fase se construye un modelo del sistema con los aspectos importantes a representar. Siguiendo una aproximación de los flujos y las relaciones a través del sistema con sus puntos de procesamiento y reglas de decisión, basado en la generación de las reglas ya definidas previamente, el comportamiento de los agentes son influenciados por las reglas de decisión con los grados de incertidumbre para cada nivel de agencia.

4.3.5. Implementación:

Para elegir una plataforma se debe considerar varios aspectos, entre ellos una plataforma orientada a la creación de modelos basados en agentes, la mayoría de las plataformas normalmente están basadas en eventos discretos, lo cual es necesario poder simular eventos continuos. También deben ser configurables en diversos aspectos: como la selección de individuos, gestión de tareas, etc. Y deben de tratar de suavizar los problemas de desarrollo para permitir a los investigadores la prueba de modelos, teorías y estrategias en entornos de simulación compleja y dinámica.

Utilizando el software NetLogo el cual permite simular fenómenos sociales. Capaz de modelar sistemas complejos y que pueden dar instrucciones a cientos o miles de agentes independientes todos operando holísticamente [Wilensky, 1999]. También nos permite sustraer la información del sistema de información geográfico, con los datos espaciales y estadísticos. Esto hace que sea posible explorar la relación y el comportamiento de los agentes y los patrones a los que emergen de las interacciones dentro de un espacio geográfico. NetLogo puede definirse como un lenguaje de programación para la modelización multi-agente siendo un modelado integrado para la simulación de fenómenos sociales y naturales. El entorno NetLogo puede ayudar a explorar fácilmente los fenómenos emergentes (Vidal 2007), es adecuado para el modelado de sistemas complejos en desarrollo con la variación del tiempo, permitiendo a los modeladores dar instrucciones independientes a los agentes en un mismo tiempo. Esta característica nos puede dar oportunidades a descubrir la conexión entre el nivel micro del comportamiento de los muchos individuos y los patrones a nivel macro en el cual emergen de las interacciones de los individuos [Wilensky, 1999] .

4.3.6. Validación del modelo:

Las simulaciones del mundo real deben incluir algunos medios de validación. La verificación es un asunto de consistencia interna entre el modelo real, y el modelo artificial [Drennan, 2005]. La validación enfoca la correspondencia entre el modelo y la realidad. En base a los resultados obtenidos durante la validación y verificación, el modelo y su implementación deben refinarse.

4.3.7. Experimento de simulación y optimización:

En esta fase se hace evaluación estadística de las salidas del modelo para determinar algún nivel de precisión de las medidas de desempeño. Si el objeto en interés pasa por un comportamiento de período se debe tener cuidado de hacer el análisis sobre estados estacionarios. Se hace diseño de experimentos de simulación basados en la repetición de la simulación con las variables de decisión en varios niveles.

4.3.8. Análisis de datos de salida:

En la última fase se analizan los resultados del modelo para comprender el comportamiento deseado del sistema. Estas salidas se usan para obtener respuesta al comportamiento del sistema social.

Capítulo 5

Resultados

5.1. Primer Caso de Estudio

La pobreza es una situación que surge como producto de la imposibilidad de acceso a recursos para satisfacer las necesidades básicas. La pobreza es el resultado de procesos complejos y extendidos en el tiempo, que son difíciles de apreciar a simple vista. Siendo un problema complejo la metodología de Agencias Distribuidas para el análisis y su medición. En un principio la pobreza era un concepto estático y unidimensional principalmente se estudiaba con carácter estático y con matices claramente económicos, atendiendo a lo que se consideraban niveles de ingreso menores aceptables en la sociedad. Pero en las últimas décadas ha pasado a un concepto de carácter dinámico y multidimensional; investigaciones recientes demuestran que no solo los niveles de ingreso determinan la pobreza también la privación de recursos y oportunidades como la educación, la vivienda entre otros factores. Así vemos la existencia de estudios multidimensionales de pobreza, con diversos aspectos y un análisis multidimensionales [Akindola, 2009].

Al igual que en otros países en vías de desarrollo, la desigualdad en México es existente donde la causa principal es la pobreza, lo cual se refleja en los resultados del desarrollo económico. El propósito de este trabajo no es discutir sobre los distintos determinantes de la conceptualización de la pobreza si no en aportar una metodología con distintas técnicas computacionales que ayuden a encontrar un camino para la simulación de sistema social complejo y que pueda aportar una opción, para el análisis de problemas sociales.

Los sistemas sociales contienen infinidad de componentes las cuales dependen de infinidad de relaciones, esto hace difícil el construir modelos cercanos a la realidad [Ding and Zhang, 2007]. Para analizar estos sistemas con un carácter dinámico y multidimensional, tomaremos en cuenta la teoría de la minería de datos, lógica difusa y agencias distribuidas.

Aunque existen varios problemas al analizar los sistemas sociales como las relaciones que ejercen entre los actores las cuales pueden estar obligadas a cambiar de entornos, para estudiar esta evolución es necesario un analisis con un enfoque de sistemas complejos. Para poder explicar los efectos a largo plazo [Sigmund, 1998].

El marco se deriva de muchos sistemas complejos naturales y sociales que repercuten de manera directa e indirectamente, en la investigación de manera indirecta tiene que ver con la psicología, ecología y teoría de gestión empresarial. Este tipo de metodologías utilizando simulaciones de CAS han contribuido en los sistemas artificiales [Miler and Page, 2007]. Y generar la simulación puede ayudar como método predictivo y la explicación de interrogantes para científicos en la area social [Becker et al., 2005]. Esta selección y procesamiento de información nos lleva a la aplicación de la computación de alto desempeño (Rossiter, Noble et al. 2010).

Utilizando la teoría de sistemas [Miler and Page, 2007] llevando a cabo la simu-

lación de un sistema social, implica un análisis holístico. La intención es establecer una forma en que se pueda hacer referencia a distintos niveles dentro una realidad con una metodología general. Teniendo en cuenta que cada nivel es distinto de otro [Márquez et al., 2011b]. Esto quiere decir que al crear una agrupación por distintos individuos o agentes de un nivel inferior, está sola agrupación se comporta como una sola entidad.

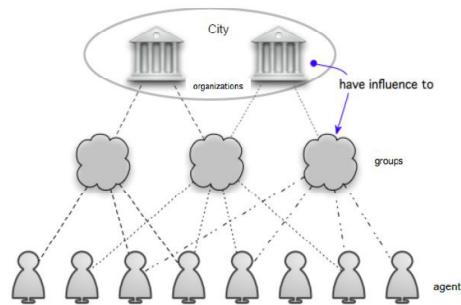


Figura 5.1: Representación de Múltiples Niveles.

El modelado de un sistema social real no se puede lograr recurriendo a un tipo particular de arquitectura o metodología. La metodología de Agencias distribuidas representa una vía de investigación potencialmente innovadora con aplicaciones en ingeniería y en ciencias sociales. En este trabajo sentamos las bases para una descripción de realidades socioeconómicas de DA, en un proceso que teje diferentes técnicas de cálculo disponibles en el contexto de DA para representar el comportamiento social e individual de una manera contextualizada, con capacidad de agentes con racionalidad limitada y de interacciones complejas. Creemos que esta vía de investigación mejorará nuestra comprensión de la complejidad social, a medida que avanza el debate en el campo hacia la capacidad de describir la gran variedad de realidades lineales y no lineales [Márquez et al., 2011a].

La metodología que se representa tiene como objetivo crear un nuevo enfoque en las arquitecturas de simulación, creando un lenguaje que une a las ciencias sociales para programar la terminología y que por lo tanto pueden ser ampliamente aplicadas. La

metodología de DA representa una teoría general del comportamiento colectivo y la formación de la estructura [Márquez et al., 2011d], que tiene la intención de redefinir las agencias y la reflejan en múltiples capas de información e interacción, a diferencia del enfoque tradicional en la que la agencia sólo se refleja en los agentes individuales, atomizada y aislada.

Se considera un agente que está formado por múltiples componentes y relativamente independiente. Parte de la tarea del agente resultante es presentar alternativas, o “campos de acción” a sus componentes. En consecuencia, el agente se ve obligado a formar un campo de acción a la superestructura a la que pertenece. El agente intermedio propuesto puede ser considerado como una persona, una familia, una clase social, un partido político, un país en guerra, una especie en su conjunto, o un simple miembro de una especie tratando de sobrevivir. El arquetipo de los agentes que intentan describir puede resumirse como un grupo de miembros del oligopolio que tienen un acuerdo en común.

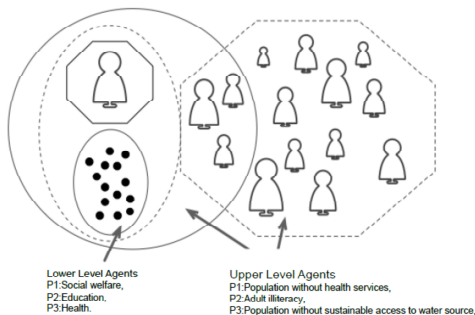


Figura 5.2: Niveles de Agencia representados en el sistema social

El objetivo de nuestro estudio es el uso de la metodología y una plataforma computacional correspondiente, que incorpora disponibles teorías matemáticas y computacionales que no han sido adecuadamente considerados en los modelos de los fenómenos sociales complejos. A pesar de que las aplicaciones de los Sistemas Multi-Agentes (MAS) se han desarrollado para las ciencias sociales se han considerado en algunos ámbitos solo para la Inteligencia Artificial (Drogoul and Ferber 1992; Burns and Roszkowska 2006),

el estado de la técnica en las capacidades de cómputo no se ha incorporado en varias áreas [Miler and Page, 2007, Brownlee, 2007], especialmente en lo que se refiere a los sistemas distribuidos y las agencias distribuidas.

Uno de los retos de nuestra investigación es proporcionar una manera de poder analizar estos distintos niveles asociados que existen en un sistema social. La principal diferencia de los sistemas basado en agentes es que en nuestro enfoque el espacio incluye las transformaciones hechas por un nivel de agencia superior, este agente superior se compone de subcomponentes de menor nivel que pueden poseer sus propias agencias. Es la responsabilidad del agente de presentar sus subcomponentes con espacios individuales de fase con soluciones óptimas que sean aceptables para el agente de nivel superior que lo abarca. En otras palabras, los agentes inferiores optimizan los espacios en la que se encuentran, mientras que nivel superior debe considerar todas las posibilidades que tendrá un comportamiento global deseado. En este sentido, si tenemos en cuenta que un municipio es un agente, este nivel superior se compone de las subdivisiones llamadas AGEBS que forman dicho municipio, que a su vez son formadas por colonias.

En nuestro estudio utilizamos 3 niveles de agencia: el nivel superior es considerando que todo el municipio de Tijuana es el agente superior, el nivel intermedio son los AGEBS y el nivel inferior es cada habitante de este municipio.

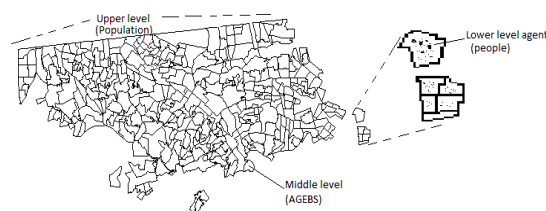


Figura 5.3: Niveles de Agencia representados en el municipio de Tijuana

La intención es definir en cada nivel de agencia el nivel de pobreza. En sus inicios, se definía a la pobreza como un concepto estático y unidimensional principalmente se es-

tudiaba con carácter estático y con matices claramente económicos, atendiendo a lo que se consideraban niveles de ingreso menores aceptables en la sociedad (Akindola 2009). Por lo tanto es proponer este concepto de carácter dinámico, difuso y multidimensional; investigaciones recientes demuestran que no solo los niveles de ingreso determinan la pobreza también la privación de recursos y oportunidades como la educación, la vivienda entre otros factores. Así vemos la existencia de estudios multidimensionales de pobreza, con diversos aspectos y un análisis multidimensionales [Akindola, 2009].

Como caso particular el Municipio de Tijuana, se encuentra en el estado de Baja California Norte de México. La base de datos para la extracción de la información necesaria provienen del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), del cual se obtuvo los indicadores geográficos, sociodemográficos y económicos.

La base de datos sobre esta ciudad está dividida en 363 áreas, estas áreas son llamadas AGEBs. “Las AGEB urbanas delimitan una parte o el total de una localidad de 2500 habitantes o más, o bien, una cabecera municipal, independientemente de su número de pobladores, en conjuntos que generalmente van de 25 a 50 manzanas; y las AGEB rurales enmarcan una superficie cuyo uso del suelo es predominantemente agropecuario y en ellas se encuentran distribuidas las localidades menores a 2 500 habitantes, que para fines operativos, se han denominado como localidades rurales.” (INEGI 2006) Por cada AGEB determinaremos el grado de pobreza tomando en cuenta 10 variables de ingreso y de tipo de empleo, 23 variables sobre la educación, y 15 variables sobre los recursos que disponen una vivienda, como es la televisión, teléfono, refrigerador entre otros artículos. Teniendo una matriz total de 48x363. En esta matriz se encuentra la información necesaria que determina.

Las bases de datos para el modelo fueron copiladas en un sistema de información geográfica. Estos sistemas ayudaron en la generación, clasificación y formato de las

capas de datos requeridos. Esto nos facilita la edición de los diferentes planos temáticos de información, a partir de los cuales se cuantifica la estructura espacial para visualizar e interpretar las áreas y diferentes patrones espaciales de Tijuana.

Para obtener un análisis de pobreza tomando como indicador el índice compuesto que mide la pobreza en las tres dimensiones básicas en el índice de desarrollo humano, los cuales son: Probabilidad al nacer y de no sobrevivir hasta la edad de 40; tasa de analfabetismo en adultos y el promedio ponderado de la población sin acceso sostenible a fuentes de agua potable y recursos básicos [Márquez et al., 2011b]. Utilizando la ecuación a este índice es representada de la siguiente forma:

$$HPI = \frac{[P_1^\alpha + P_2^\alpha + P_3^\alpha]^{1/\alpha}}{3} \quad (5.1)$$

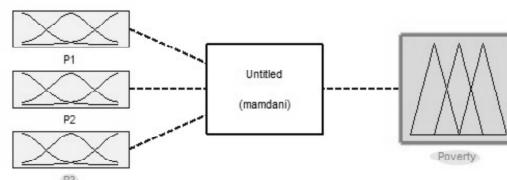


Figura 5.4: Arquitectura de la red con las variables de pobreza

P1: Población sin servicios de salud

P2: Población de 15 años y más sin instrucción

P3: Viviendas particulares que no disponen de agua, drenaje ni energía eléctrica

Cada Ageb contiene información cuantitativa, acerca del empleo, educación, ingresos económicos, y de los artículos e infraestructura que posee una vivienda. Utilizando el sistema Neuro-Fuzzy para la generación automática de las reglas necesarias, esta fase de extracción de datos con un sistema Fuzzy se vuelve complicado ya que hay que

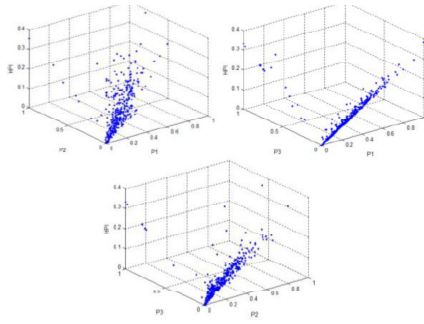


Figura 5.5: Distribución de pobreza en base a las variables seleccionadas determinar las normas suficientes y que variables debe uno tomar en cuenta.

Utilizando este algoritmo de agrupamiento obtenemos las reglas, las cuales son asignadas a cada agente representado por cada AGEB, El agente recibe entradas de su entorno geográfico y a la vez debe elegir una acción de forma autónoma y flexible para cumplir con su función [Gilbert, 2007].

El considerar el uso de los modelos basados en agentes, es por el hecho de que son muy similares a las sociedades artificiales siendo las mismas técnicas, sus diferencias principales se centran en la simulación de los sistemas, y en el diseño de los programas de investigación [Drennan, 2005]. Por ello considerando todas las propiedades de los agentes [Wooldridge and Jennings, 1995] se adecuan para el objeto de nuestra investigación.

Cada agente tiene una función independiente dependiendo de la regla que le es asignada y del entorno geográfico donde se encuentre decidiendo dinámicamente las tareas a realizar, lo cual no existe un sistema de control global.

El objetivo es dotar a los agentes con el menor de reglas posibles y observar el funcionamiento del sistema por las interacciones existentes, el sistema mismo genere un comportamiento inteligente que no necesariamente estaba planeado o definido dentro de los agentes mismos. Con el propósito de poder generar un comportamiento emergente.

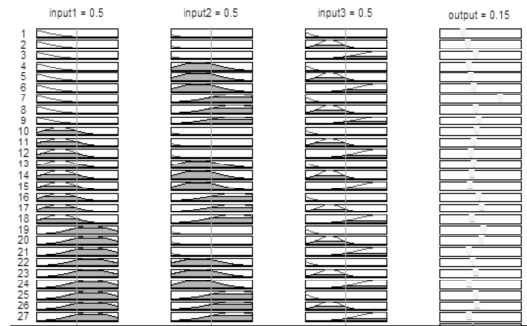


Figura 5.6: Reglas Generadas para la Pobreza

Las reglas obtenidas del algoritmo de agrupamiento nos puede indicar cuales agentes tienen más ingresos, que agentes se encuentran en un nivel educativo superior o inferior, y los recursos con los que cuenta cada agente. La tecnología basada en agentes ha sido considerada apropiada para el desarrollo de sistemas sociales distribuidos. Los agentes de distribución es una estrategia prometedora que puede corregir una arquitectura centralizada indeseable [Botti and Julian, 2003, Russell and Norvig, 2004]. Los Agentes Distribuidos no definen a los agentes independientes, sino que considera al organismo que se extienda por todo el sistema. La idea principal de este modelado distribuido se deriva de una visión del mundo, con conjuntos que son irreducibles a sus piezas, y existen en diferentes dimensiones donde se aplican normas diferentes [Márquez et al., 2011a].

Por ello el siguiente paso es que las agencias distribuidas traten de resolver los problemas entre el grupo de agentes, encontrando una solución del resultado de la interacción cooperativa entre los agentes. Esta comunicación facilita los procesos de cooperación. El grado de cooperación que hay entre agentes puede ir desde una cooperación completa hasta una hostil [Gilbert, 2007].

Con un valor de con $RMSE=1.5568e-004$ en los resultados, el análisis de la pobreza, a nivel macro. El modelo a nivel superior, que a la vez influye y es influido por los niveles inferiores. En nuestro caso la parte que es mas estudiada es la jerarquía de en medio,

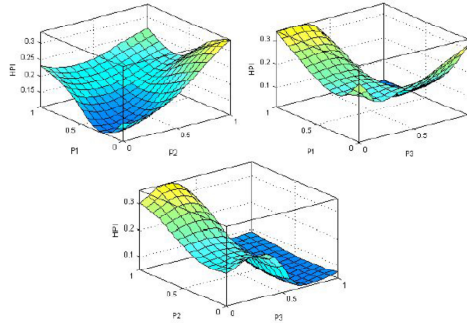


Figura 5.7: Resultados de la distribución de Pobreza.

ya que la mayoría de los análisis en general se van de extremo a extremo sin considerar la parte media. Esto se logra no perdiendo de vista las relaciones que existen entre los componentes, entre los distintos niveles. Tomando las bases de datos de INEGI, normalizamos las bases de datos correspondientes a los 363 AGEBS, estableciendo un intervalo de cero a uno, donde entre más cerca se encuentre del 1 mayor será el índice de pobreza. Véase figura 5.5 y figura 5.7.

El uso de la estadística en estudios de pobreza, tiene mayor precisión al aumentar el número de variables; es válida cuando es analizada a un solo nivel, pero la mayoría de los problemas sociales, como el caso de la pobreza engloba un sistema complejo [Márquez et al., 2011c].

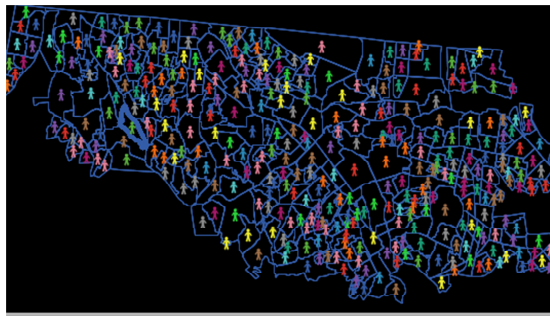


Figura 5.8: Tijuana dividida en Agebs, cada Ageb se asigna un Agente utilizando Netlogo

Podemos analizar u observar las interacciones entre los múltiples niveles entre las diferentes dimensiones. Por ello es necesario el análisis de los sistemas complejos basados

con enfoques en múltiples niveles. Visualizando todo esto a un nivel global o macro. Y al mismo tiempo a ver casos muy concretos, y las relaciones interpersonales que existen entre los agentes.

Nivel Alto: Existen diversos estudios que se han realizado sobre la pobreza en distintas entidades federativas de México, tomando las ciudades como agentes de nivel más alto, Tijuana aparecería como uno de los municipios con menos índice de pobreza. No obstante si hacemos el modelo considerando todos los niveles que abarca el sistema social desde el nivel más alto a más bajo podemos observar que deficiencias existen y donde se encuentran.

Nivel medio: Los agentes medios nos indican el nivel de pobreza entre los Agebs, en este nivel la pobreza tiene que ver tanto con la emigración interna como externa, donde los reacomodos geográficos de la pobreza y la marginación tienen un repercusión directamente. Como se puede observar en la figura 3 los altos índice de pobreza se encuentra en la periferia del municipio, este tipo de zonas se encuentran desfavorables ya que están alejados de cualquier apoyo social federal, estatal o municipal; el índice alto de la variable P3 nos indica que el escenario es desolador, en cuanto a los servicios básicos de agua, drenaje luz, pavimento, se ven muy lejos para los habitantes de esta zona.

Nivel bajo: De cada 10 personas que viven en Tijuana 4 al menos tiene una deficiencia ya sea analfabetismo, y/o sin un seguro social y/o sin acceso a recursos básicos como es el agua, drenaje y electricidad, esto abarca a casi medio millón de personas. Otro factor importante que podemos destacar como ejemplo: una persona con un ingreso alto (Agente de nivel bajo) este dentro de un AGEB Pobre (agente Medio), es afectada directamente ya que al tener una deficiencia como no contar con drenaje, las calles enlodadas y el fuerte olor de las aguas negras afectan directamente el bienestar social

de la persona.

Para un trabajo futuro en un segundo caso podría ser, simular agentes de una determinada área compartan ciertos recursos para el bien mutuo, produciendo un tipo de emergencia en que algunos agentes bloqueen los objetivos de otros por el miedo de compartir recursos y pudieran tener escases en su área. Para que los mecanismos de cooperación y coordinación tengan éxito en un sistema de agentes, debe de existir un mecanismo adicional: la negociación, por medio del cual, los integrantes de un sistema se puedan poner de acuerdo cuando cada agente defiende sus propios intereses, llevándolos a una situación que los beneficie a todos, teniendo en cuenta el punto de vista de todos.

5.2. Segundo Caso de Estudio

La Simulación urbana se ha mantenido como un interesante tema de investigación durante muchos años. Algunas cuestiones como el crecimiento urbano, la congestión y la segregación tienen una alta demanda de enfoques de modelado avanzados. Muchos de estos enfoques y técnicas que se han aplicado, tienen sus propias ventajas y deficiencias. Si bien las técnicas de agregación han sido criticadas por los investigadores por su falta grave de tal modelado, lo cierto es que estas técnicas han recibido especial atención últimamente [Benenson and Torrens, 2004]. Entre estos modelos, los cuales se basan en agentes se considera que son prometedores. El modelado basado en agentes proporciona una mejor comprensión de la estructura y de los procesos de los sistemas urbanos [Márquez et al., 2010c]. Esta integración de esta técnica de modelado con Sistemas de Información Geográfica mejorará sus posibilidades de simulación urbana drásticamente.

En las últimas décadas ha tenido gran aceptación la modelización de agentes en los sistemas urbanos [Gilbert, 2007]. Los modelos basados en agentes y las sociedades

artificiales son muy similares siendo las mismas técnicas en los sistemas dinámicos, autómatas celulares, algoritmos genéticos y sistemas de agentes distribuidos. Sus diferencias se centran en la simulación de los sistemas, y en el diseño de los programas de investigación [Drennan, 2005].

Las ciudades tienen varias cualidades para aliarse con las definiciones de complejidad. Por lo cual llevar a cabo una simulación de una ciudad, conlleva el estudio de un sistema complejo, y estudio de casos emergentes. La utilización de la simulación en el crecimiento urbana de una ciudad ayuda en muchos casos a poder experimentar un problema social evitando costos y posibles peligros. Hoy en día existen aplicaciones en las que se aplican los simuladores con diferentes herramientas y modelos de crecimiento. Para este caso de estudio aplicaremos la metodología de agencias distribuidas, en un sistema sustentable de una ciudad de México, teniendo como segundo objetivo crear un modelo de sistema sustentable, para un crecimiento urbano.

Para desarrollar la metodología de simulación, se debe comprender el concepto de ciudad y los procesos que influyen en ella. La conceptualización de ciudad para Camagni (Camagni 2004) se basa en un proceso de generalización que parte de la existencia histórica y geográfica de las ciudades para llegar a la consideración de la ciudad como totalidad significativa y su teorización como entidad socioeconómica autónoma (Camagni 2004). Partiendo de que la ciudad constituye una unidad de producción, en la que un conjunto bienes y servicios son producidos internamente; todos estos procesos internos como externos que lo engloban pueden ser representados por las agencias distribuidas situado en este entorno, dentro del cual actúa de forma autónoma y flexible para cumplir ciertas funciones como consumo, actividades productivas etc. El uso de las agencias distribuidas para la creación de una simulación urbana describe muy bien los procesos de cooperación; comunicación y decisión.

5.2.1. Determinar Niveles de Agencia

Tomando como caso de estudio el desarrollo sustentable de Ciudad Juárez, la población total y todas aquellas relaciones como la migración y la natalidad que impliquen la generación de la población debe ser analizado en un macro-nivel se capturan con un modelo top-down, y todas aquellas interacciones a un nivel micro que se den con la selección de pareja o la decisión de la formación de una familia con un número determinado de hijos, dependiendo su estado educativo y social, es capturado con un modelo "bottom-up.

Para lograr esta reproducción modelando un sistema maacro utilizaremos sistemas dinámicos; el sistema dinámico nos permitirá representar todos los elementos y las relaciones de la estructura del sistema sustentable y la evolución con respecto al tiempo [Márquez et al., 2010b]. También el sistema dinámico nos permitirá a la obtención de las ecuaciones matemáticas del modelo a nivel macro. La resultantes de estas ecuaciones nos daran las características de Nivel de Agencia Macro. Una segunda parte será determinar las agencias que se encuentran en nivel medio ; las acciones de los agentes con su entorno y la relación entre las demás agencias, pudiendo así observar casos a nivel micro.

Existen clasificaciones, definidas por investigadores en cuestión de urbanismo, en cual realizan una estructura con diferentes capas o niveles, según la interacción y las diferentes estructuras. Este tipo de expresión del grafo siguiente fue llamado la "tarta nupcial de Camagni" en el cual se observan tres capas o niveles (internacional, regional y local) y diversas estructuras (jerárquicas, no jerárquicas y mixtas). Las cuales de cada capa se interrelacionan, formando una red de cada nivel. Así mismo, las ciudades se interrelacionan formando un complejo de relaciones.

El nivel más alto para este caso de estudio es el sistema sustentable, los tres niveles siguientes es el sistema económico, ambiental y social.

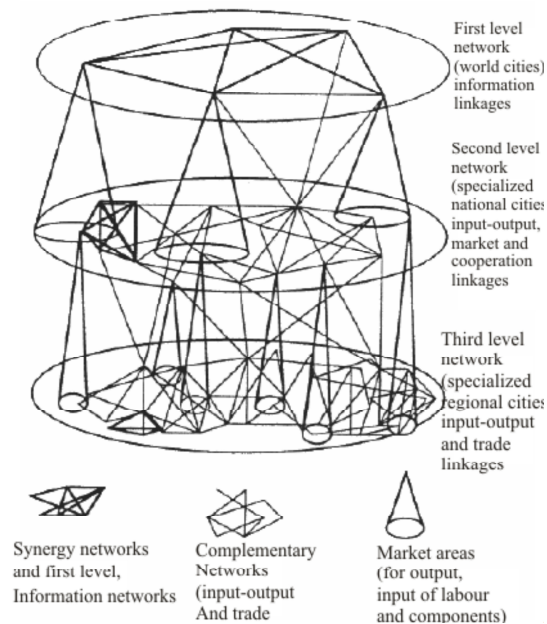


Figura 5.9: Diferentes niveles de una ciudad (Camagni,1994)

Sistemas sustentables

El desarrollo sostenible está sobre todo en asegurar en el presente una mejor calidad de vida para cada uno de nosotros y para las generaciones futuras. Esto se puede alcanzar a través de los tres filamentos de la equidad social (social, económica y ambiental) que reconoce las necesidades de cada uno, del mantenimiento de la estabilidad de estos niveles, sobre todo del desarrollo económico y el empleo, y usar los recursos naturales prudentes, mientras se protege el ambiente. Incluyendo un equilibrio entre dos sistemas es necesaria la sustentabilidad. Por ejemplo, la actuación económica en el coste de la comunidad no es sostenible; sin proteger el ambiente más allá de los medios razonables y por lo tanto está impidiendo cualquier actividad económica. La sustentabilidad también no exige una solución perfecta. El desarrollo sostenible es esencialmente una meta

o una visión hacia las cuales las organizaciones deberán planear (Ciria 2009). La idea anterior incluye el futuro de la economía, el ambiente y los impactos sociales y ecológicos resultantes de las acciones y decisiones tomadas en el presente. Así tenemos que la sustentabilidad es un proceso integrador de aspectos tecnológicos, ecológicos y de las infraestructuras sociales y políticas de la sociedad.

Existen varios estudios sobre este enfoque como es en el caso de la agricultura sostenible, lo cual es una filosofía que orienta el desarrollo de sistemas agrícolas a una dirección económica, social, y de cuestiones ambientales en forma multidisciplinaria. (Williams and Dollisso 1998). Un desarrollo urbano sostenible requiere una solución a problemas en la demografía, el empleo y el agua potable que se consume.

Por lo tanto, uno de los retos de la investigación sobre la sostenibilidad radica en la vinculación de las medidas de funcionamiento de los ecosistemas a la estructura y el funcionamiento del sistema social incorporado. Por ello los indicadores basados en la Teoría de la Información pueden salvar la naturaleza humana y los elementos del sistema, y tener sentido de la disparidad de las variables de estado del sistema. (Cabezas, Pawlowski et al. 2005).

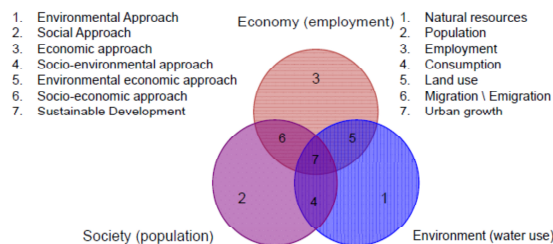


Figura 5.10: Sistema sustentable

Sistemas sociales

El crecimiento urbano de la ciudad está conformado por el “Crecimiento vegetativo + saldo migratorio”. Ambos elementos se estudian mediante las herramientas que provee la demografía. El crecimiento de las ciudades está motorizado por el crecimiento económico. A través de modelo teórico y luego de algunas simplificaciones se puede estudiar el crecimiento y el tamaño óptimo de las ciudades. Cuando la población aumenta, aumenta la escala de la producción y el mercado de trabajo, se incrementa el desarrollo tecnológico y aumenta la eficiencia de los servicios públicos. Paralelamente aumentan también las des economías: desempleo, congestión, contaminación, delincuencia y disturbios sociales, que son externalidades que no son pagadas por los que toman las decisiones. En el estudio del crecimiento urbano de la ciudad es importante analizar el proceso de su crecimiento desde su fundación sin perder de vista los factores importantes como el surgimiento de la industrialización, la generación de empleo, los flujos migratorios y el comportamiento de las rentas urbanas y demanda de servicios públicos. El proceso de desarrollo y crecimiento de las poblaciones y ciudades se acelera con la aparición de la industrialización. Este proceso es generador de empleos y demandante de servicios, dado que las personas que ocupan los puestos de trabajo deben localizarse próximos a esos lugares. Estas personas demandan vivienda, servicios urbanos, alimentos, vestidos, enseres, etc. Los aglomerados urbanos surgen entonces para que los habitantes puedan desarrollar sus actividades y reciban los bienes y servicios que demandan. Además del crecimiento vegetativo, el fenómeno urbano se ve incrementado con el aporte de los flujos migratorios. Estos flujos están compuestos de personas que en forma continua, van llegando a las ciudades en busca de mejores condiciones de vida, comparadas con las de sus lugares de origen, generalmente áreas rurales o países de menor desarrollo relativo.

Sistemas económicos

La economía que rige en las ciudades es la economía de mercado. Los sueldos y salarios, en general son regulados por convenios, a mediano y largo plazo se encuentran sujetos a las reglas del mercado. Lo mismo sucede con los bienes y servicios necesarios para la vida urbana. No obstante, la economía de mercado no siempre conduce a una asignación eficiente de recursos en la provisión de servicios públicos. Para la determinación óptima de las inversiones públicas es necesario realizar un análisis beneficio-costos y una priorización desde el punto de vista social y teniendo en cuenta las externalidades, tendiendo a lograr un equilibrio entre las economías de la aglomeración y las deseconomías producidas por este mismo agrupamiento. Por ejemplo las inversiones en saneamiento básico (agua potable y desagües cloacales) no deben ser evaluadas a partir de la capacidad de pago de los usuarios, sino de los beneficios producidos por menores tasas de mortalidad y morbilidad, lo que mejora la eficiencia productiva de la población, generando mayores ingresos y mejor calidad de vida. El proceso de industrialización y la concentración de inversiones a causa de especialización del trabajo y del aprovechamiento de las economías de escala generan el proceso de urbanización. Las actividades que se desarrollan en el núcleo urbano generan puestos de trabajo que son primeramente ocupados por los habitantes naturales pero también atraen a personas de afuera que buscan mejores condiciones de vida, generándose un ciclo que lleva al crecimiento sostenido de la población. Esta población demanda servicios públicos, que a su vez requieren de rentas que deben ser aportadas por los habitantes, generándose otro ciclo, que es el de la provisión de servicios y la administración de las rentas públicas.

Sistemas ambientales

El agua es una parte esencial de cualquier economía y sociedad, por lo tanto su manejo sustentable es una condición necesaria para una economía y una sociedad sustentable. El uso sustentable del agua se define como “el uso de agua que permite sostener a una sociedad para que perdure y se desarrolle en un futuro indefinido sin alterar la integridad del ciclo hidrológico y de los ecosistemas que dependan de él” (Gleik, Postel et al. 1996). Hoy en día cada vez es más difícil llevar a cabo esto. Sin embargo, la aproximación a un desarrollo sustentable requiere el estudio de todos los factores que lo rodean.

5.2.2. Minería de datos

El aumento continuo de la disponibilidad de la información, a partir tanto de otros proyectos existentes como bases de datos necesarios para la simulación de un sistema sustentable convierte imprescindible el uso de la minería de datos. Por la gran cantidad de información necesaria para el desarrollo sustentable. La determinación de todos los datos que conlleven los tres sistemas inherentes de la sustentabilidad, el sistema social, económico y ambiental; es necesario la revisión de datos estadísticos y geográficos reales de instituciones gubernamentales como el “Instituto Nacional de Estadística y Geografía” (INEGI), y “Consejo Nacional de Población” (CONAPO), donde podemos obtener la información cuantitativa necesaria sobre los aspectos más importantes del rubro del sistema social; del sistema económico “Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo” (ENOE) y del sistema ambiental “Junta Municipal de Agua Saneamiento de Juárez” (JMAS). Tomando como caso de estudio Ciudad Juárez.

La minería de datos es un proceso de extracción de información implícita, co-

mo por ejemplo los patrones climáticos, con el objetivo de descubrir conocimiento [Dubey et al., 2004]. Se ha hecho progresos significativos en este campo durante los últimos quince años, la mayoría de los esfuerzos de investigación se dedican al desarrollo eficaz y eficiente de algoritmos que pueden extraer el conocimiento de datos y aunque no se ha prestado suficiente atención a los fundamentos filosóficos de la minería de datos [Peng et al., 2008]. Esta selección y procesamiento de información nos lleva a la aplicación de la computación de alto desempeño, con proezas como la simulación social, y herramientas que le den sentido y utilidad a la información existente. Por ello es necesario prestar atención a lo marcos conceptuales, a partir de ahí desarrollar la metodología propuesta.

5.2.3. Generación de reglas

Los indicadores a considerar para la generación de reglas son las siguientes:

Población Total

En la teoría económica nos dice que cuando la población aumenta, aumenta la escala de la producción y el mercado de trabajo, se incrementa el desarrollo tecnológico y aumenta la eficiencia de los servicios públicos. Paralelamente aumentan también las deseconomías: desempleo, congestión, contaminación, delincuencia y disturbios sociales, que son externalidades que no se toman en cuenta por los que toman las decisiones. Para el crecimiento de la población, anteriormente se mencionó que está conformado por “Crecimiento vegetativo + saldo migratorio”. ilustrando la formula:

$$PT = [N - Mo + Mi - E] \quad (5.2)$$

Dónde:

PT: Población total

N: Natalidad

Mo: Mortalidad

Mi: Migración

E: Emigración

Para nuestro caso no es necesario calcular esta variable ya que esta medida por el censo de población y vivienda de INEGI.

Empleo

Para medir el empleo tomamos conjuntamente el resultado de dos variables la fuerza laboral y quince variables para la tasa de empleo, esto es por cada AGEB:

$$FL = \frac{PEA}{PT} \quad (5.3)$$

$$Po = P2 + P3 + P4 + P5 + P6 + P7 + P8 + P9 + P10 + P11 + P12 + P13 + P14 \quad (5.4)$$

$$TE = \frac{Po}{PEA} \quad (5.5)$$

Donde:

FL: Fuerza Laboral:

PEA: Población económicamente Activa

PT: Población Total

Tasa de Empleo:

TE: Tasa de empleo

Po: Población Ocupada

P2:Población ocupada en el sector secundario

P3:Población ocupada en el sector terciario

P4:Población ocupada como empleado u obrero

P5:Población ocupada como jornalero

P6:Población ocupada por cuenta propia

P7:Población ocupada que trabajo hasta 32 horas en la semana de referencia

P8:Población ocupada que trabajo de 33 a 40 horas en la semana de referencia

P9:Población ocupada que trabajo de 41 a 48 horas en la semana de referencia

P10:Población ocupada que no recibe ingreso por trabajo

P11:Población ocupada que recibe menos de un salario minimo mensual de ingreso por trabajo

P12:Población ocupada que recibe de 1 a 2 salario minimo mensual de ingreso por trabajo

P13:Población ocupada que recibe con mas de 2 y hasta 5 salario minimo mensual de ingreso por trabajo

P14:Población ocupada que recibe mas de 5 salario minimo mensual de ingreso por trabajo

PEA: Población Económicamente Activa

Consumo del Agua

Tomando los indicadores propuesto en el consumo de agua por estudios de Cervera [Cervera, 2007] y proponiendo las variables sobre el daño ambiental las cuales se basan en JMAS e INEGI, XII Censo General de Población y Vivienda, 2000. Nos quedaría lo siguiente:

$$D = VD_1 + VD_2 \quad (5.6)$$

$$CA = \frac{VAFUDM}{TOVP} - D \quad (5.7)$$

Dónde:

VAFUDM/año = Volumen de agua anual facturado por concepto de uso doméstico en metros cúbicos = 115,633,582.

VAFUDL/día= Volumen de agua anual facturado por concepto de uso doméstico en litros por día.

TOVP = Total de ocupantes en viviendas particulares.

D: Daño ambiental o degradación

VD1: Viviendas particulares con drenaje conectado a fosa septica, barranca o grieta, río, lago y mar

VD2: Viviendas particulares que no disponen de agua, drenaje ni energía eléctrica

La mayoría de los modelos con agentes aplicados en gestión de recursos naturales están estructurados con dos elementos, los agentes que representan las entidades del sistema a modelar y un autómata celular simple como representación espacial. El uso de solo autómatas celulares, en general, ha limitado las posibilidades de representar los modelos ya que este proceso de abstracción puede ser restrictivo [Galán-Ordax et al., 2006]. Al combinar varias técnicas de modelado se puede acercar representaciones más realis-

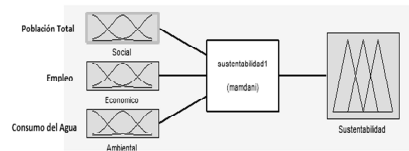


Figura 5.11: Arquitectura de la Sustentabilidad

tas, por ello esta iniciativa de integrar la lógica difusa para extraer las reglas de bases de datos estadístico podemos solo imponer la ecuación y nos generara las reglas necesarias para las agencias.

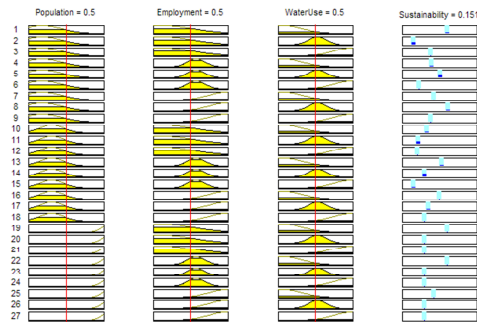


Figura 5.12: Reglas Generadas de la sustentabilidad

5.2.4. Modelo de Agencias Distribuidas

El modelar un sistema complejo son muy importantes las relaciones, existentes que entrelazan al sistema en sí. Un fenómeno sólo puede ser concebido en relación con otro fenómeno. Ningún fenómeno puede existir por sí solo, donde los nodos se definen por sus vínculos con otros nodos y enlaces por que se conectan. Esta filosofía es intrínsecamente holística: es imposible reducir los sistemas a sus componentes por separado [Heylighen, 2008]. Llevar a cabo la simulación de un sistema sustentable implica, un

análisis holístico, desarrollando un análisis en diferentes niveles. La intención es establecer una forma en que se pueda hacer referencia a distintos niveles dentro una realidad con una metodología general. Teniendo en cuenta que cada nivel es distinto de otro. Esto quiere decir que al crear una agrupación por distintos individuos o agentes de un nivel inferior, está sola agrupación se comporta como una sola entidad.

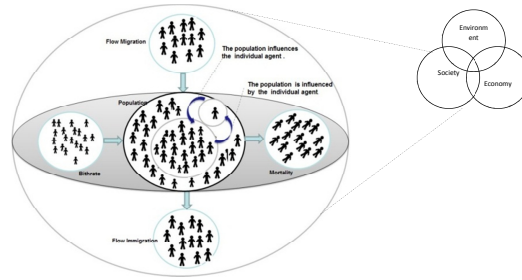


Figura 5.13: Modelo Bottom-up y top-down de la población

La metodología a emplear representa un nuevo enfoque para la creación de una arquitectura de simulación. Esta metodología, de Agencias distribuidas (DA), representa una teoría general de la conducta colectiva y la formación de estructuras. El enfoque de DA trata a los agentes como algo que puede ser parecido a un agente, en contraposición a un enfoque tradicional en la que las entidades son un agente o no. (Suarez, Rodríguez-Díaz et al. 2007; Eugenio, Manuel et al. 2009) La metodología propuesta redefine por lo menos tres niveles de agencia en dos formas. En primer lugar, no hay obvios agentes. Para todas estas entidades que representan una fuerza emergente resultante de la organización de los sub-agentes en un "nivel inferior". En segundo lugar, los agentes que están dentro de un grupo a nivel superior. Este lenguaje de agencia distribuida expresa el comportamiento observado como el resultado de agentes que maximizan sus funciones objetivo [Suarez et al., 2009].

5.2.5. Implementación

Meses de esfuerzo pueden ser requeridos para reunir información, construir, verificar y validar modelos, diseñar experimentos y evaluar e interpretar los resultados. El costo de una simulación es alto, ya que depende de la obtención de todo tipo de información tanto cualitativa como cuantitativa. El establecimiento y mantenimiento de capacidad de simulación, envuelve tener mejor personal, software, hardware, entrenamiento y otro tipo de costos [Benenson and Torrens, 2004]. Otro problema que enfrentamos es el uso de una herramienta que pudiera simular los diferentes niveles de simulación en uno solo software.

Por ejemplo, en nuestra simulación de Juárez, México, para utilizar los agentes individuales que representan el nivel más bajo de agencia, tendríamos que manejar 1.313.338 partículas independientes y sus interacción (la población de la ciudad en 2005), sólo para usar el nivel superior endógenamente.

El modelo que aquí se presenta se basa en las principales relaciones sustentables entre la demografía, el empleo y el consumo del agua potable. Y los cambios que existen del uso del suelo a consecuencia de estos indicadores.

El software que utilizaremos para incorporar para nuestro caso de estudio es Netlogo [Wilensky, 1999] , esta herramienta es un proyecto del Institute for Modeling Complexity y es apoyado por The Advanced Learning Center en el campus Mesa State College de UTEC.

5.2.6. Validación del modelo

Las simulaciones del mundo real incluyendo la población como un objetivo deben incluir algunos medios de validación. En econometría, estudios de población y economía

los conjuntos de datos para la verificación son abundantes. A diferencia de otros ámbitos como por ejemplo la antropología sufren la ausencia de datos. El suministro de estos datos, son una preocupación secundaria. La dificultad principal que en los conjuntos de datos se adecuen a la arquitectura del agente; un ejemplo de ello son los estudios que se centraron principalmente en las raíces cognitivas de la teoría social [Drennan, 2005].

El modelo que aquí se presenta se basa en las principales relaciones sustentables entre la demografía, el empleo y el consumo del agua potable. Y los cambios que existen del uso del suelo a consecuencia de estos indicadores. El software que utilizaremos para

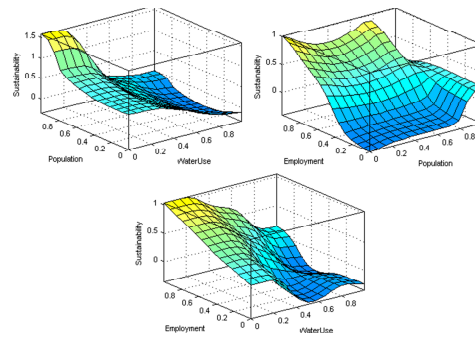


Figura 5.14: Gráfica de las variables seleccionadas para medir el sistema sustentable

incorporar para nuestro caso de estudio es Netlogo [Wilensky, 1999], esta herramienta es un proyecto del Institute for Modeling Complexity y es apoyado por The Advanced Learning Center en el campus Mesa State College de UTEC

Aparte del crecimiento poblacional originado por el crecimiento vegetativo y los flujos migratorios; el empleo es un indicador que mejor refleja la relación entre los factores económicos y demográficos. En ciudad Juárez el empleo proviene fundamentalmente de la maquiladora, lo que induce los cambios del uso del suelo; al crear las maquiladoras, la demanda de los usos industriales aumenta. Al generar mas empleo aumenta la migración y el crecimiento poblacional [Romo et al., 2009]. En consecuencia aumenta la demanda de suelo residencial como resultado a la creación de nuevos distritos residen-

ciales. El uso de los recursos ambientales, como el consumo del agua depende de las características propias de la Ciudad, Ciudad Juárez cuenta con un clima seco desértico; con una temperatura media anual de 17.3 grados centígrados; presenta un promedio de precipitación anual de 223.8mm, con un promedio de días de lluvia de 48.1 y un promedio de días con nevada de 1.8 [Sánchez, 1997].

Para evaluar nuestro modelo tomando como caso de estudio Ciudad Juárez. Este municipio es el más poblada del estado de Chihuahua, México; con 1, 313,338 habitantes. El 40 % de la población del estado de Chihuahua habita en Ciudad Juárez. Tiene una densidad de 5,130 habitantes por kilómetro cuadrado. El municipio de Juárez tiene una superficie total de 4,853.80 km^2 [INEGI, 2006] .Ya que su rápido crecimiento poblacional de Ciudad Juárez con su inherente demanda de suelo y servicios públicos ha sobrepasado el esquema de planeación urbana, particularmente en aspectos ambientales como lo es el consumo del agua. Este fenómeno de crecimiento origina una presión directa sobre el ambiente, manifestándose a través del incremento en la generación de residuos, excesiva emisión de gases, incremento en la generación de aguas residuales, saturación de vialidades, etc. Todo ello contribuye a la degradación del medio ambiente con afectación del aire, suelo y agua.[Romo et al., 2009].

Las aguas superficiales del Río Bravo, que ingresan a Ciudad Juárez, en un 100 % es utilizado para irrigación en el Valle de Juárez. Un suministro anual de 60 mil acres-pies aproximadamente a 74 millones de metros cúbicos (mm^3). El Río Grande es la única fuente renovable de agua para la región de Ciudad Juárez-El Paso. Ciudad Juárez depende totalmente de Bolsón del Hueco. La extracción de agua ha aumentado en los últimos años, con una tasa anual del 2.5 % en promedio, en 1990 se extraía 119.8 mm^3 parara el año 2000 se reporto un bombeo de 153 mm^3 y para el año 2005 una extracción por un total de 147.3 mm^3 . La extracción anual aproximada es de 176 mm^3 . Este bombeo provee una capacidad de servicio de 330 litros por habitante por día. Se estima

que el acuífero de Bolsón del Huevo tiene una superficie de 260.89 hectáreas (extensión aproximada a la mancha urbana de Ciudad Juárez) [JMAS, 1997], tiene una recarga anual de 35 mm^3 anuales. Esto significa que al menos en Ciudad Juárez la extracción supera en aproximadamente cinco veces la recarga estimada por concepto de precipitación [JMAS, 2005] , Sin embargo, el acuífero también recibe recargas subterráneas en un gradiente hidráulico norte-sur proveniente del lado estadounidense, mismas que no están debidamente cuantificadas.

5.2.7. Simulación y optimización

El proceso de simulación se ha llevado enfocado en dos niveles, el nivel macro y el nivel meso, como parte inicial, utilizaremos para ilustrar el modelo macro los sistemas dinámicos para el modelo del top-down; el sistema dinámico nos permitirá ilustrar todos los elementos y relaciones de la estructura del sistema sustentable. También nos permitirá visualizar las relaciones o conexiones que faltaran entre las entidades para así poder adecuar las ecuaciones matemáticas del modelado.

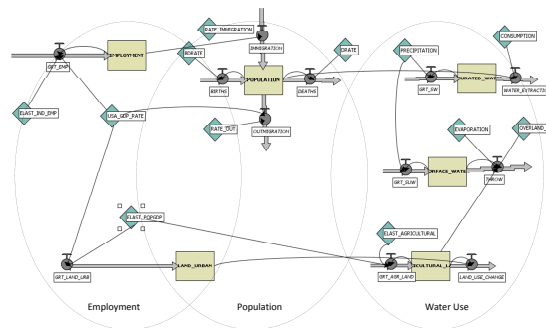


Figura 5.15: Nivel macro de la sustentabilidad, implementado en Netlogo

Por otra parte obteniendo los datos más importantes, se podrá representar los agentes de nivel superior. Que para nuestro estudio será un agente social, agente económico y un agente ambiental. Entre estos agentes debe existir una armonía.

El modelamiento del proyecto está basado en métodos y expresiones matemáticas, las cuales representan teóricamente el comportamiento de los usos del suelo de nuestro modelo. Esta simulación estará representada en un espacio geográfico con la herramienta en NETLOGO la cual pudo ser posible adecuarlo a esta necesidad ya que represento una herramienta útil también para modelar un sistema geográfico. El modelado basado en agentes proporciona una mejor comprensión de la estructura y de los procesos de los sistemas urbanos. Esta integración de modelado con Sistemas de Información Geográfica mejorará las posibilidades de simulación urbana drásticamente. Ya que podemos visualizar los agentes de nivel meso, como son afectados con el entorno, las relaciones que existen entre un mismo nivel y/o nivel superior o inferior.

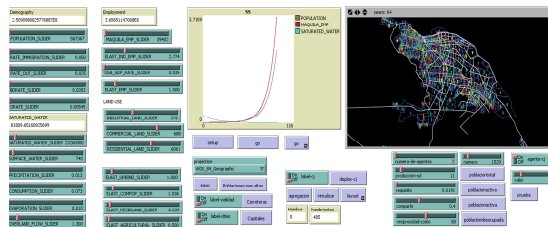


Figura 5.16: Nivel meso de la sustentabilidad, implementado en Netlogo

5.2.8. Análisis de datos de salida

En la primera parte de nuestro modelo de simulación urbana, nos enfocamos en el área social-ambiental, en la que se puede observar como el alto crecimiento demográfico de Ciudad Juárez se ha incrementado junto con el consumo de agua potable. El sistema de agua potable de Ciudad Juárez extrae el 100% por otra parte encontramos en la simulación del modelo urbano que Ciudad Juárez se encuentra ligada a la economía norteamericana por su calidad de ciudad fronteriza, por lo que en un futuro podría sufrir una crisis financiera. Sin embargo aún faltan datos y relaciones por definir, para poder

ajustar nuestro modelo, pero si tomamos las variables de cada sistema y relacionamos entre sí, nos arrojan información interesante, que deben ser objeto de estudio en distintas disciplinas, (social, económico y ambiental). Es importante resaltar que el desarrollo de un modelo sustentable utilizando diferentes técnicas de simulación puede ser un instrumento importante para cualquier planificación. El uso de los sistemas dinámicos; nos ayudan a crear nuevos modelos teóricos, y a entender las relaciones que existen entre los sistemas. Visualizando todo esto a un nivel global o macro y los niveles de agencia inferior nos ayudan ver casos muy concretos, y relaciones interpersonales existen entre los agentes.

5.3. Tercer Caso de Estudio

Para el tercer caso de estudio, este trabajo está motivado por la necesidad de hacer un modelo que aborda el estudio de la Sociedad del Conocimiento de Negocios y Gestión, en situaciones en los análisis convencionales son insuficientes para describir las complejidades de los fenómenos sociales reales y los actores que implican. Utilizando la metodología de Agencias distribuidas con el uso de las técnicas computacionales mencionadas anteriormente y teorías interdisciplinarias. Nos ayudara para descubrir y asignar reglas sobre los agentes que representan las empresas del mundo real. El estudio de este caso se basa en varias empresas en la región de Baja California, México y en las políticas que aplican para lograr una mayor competitividad basada en el desarrollo del conocimiento. Introducción. Las organizaciones públicas y privadas que promueven la generación del conocimiento en la dinámica de los sectores productivos de relieve. La tecnología de la información en el sector industrial presenta una serie de rasgos distintivos, ya que la estancia de trabajo en esta industria deben tener capacidad técnicas y científicas que requieren la visión y la formación en el área de la lógica matemática

y en varios casos también en la informática. A su vez, las empresas y el gobierno son socios en la generación de políticas internas y públicas que apoyen el fortalecimiento del capital humano y el crecimiento de la competitividad empresarial. Este estudio examina los factores que promueven el aumento de la competitividad desde el punto de vista del conocimiento y el valor del negocio. Las variables de estudio son: capital intelectual, la inteligencia empresarial (BI) y agrupaciones empresariales. Se realiza el análisis de estas variables con la formación de entornos de conocimiento para aumentar la competitividad. En este trabajo, se presentan los avances y resultados parciales de la investigación que se llevó a cabo en varias empresas PYMES de Tecnologías de la Información de Baja California. Estas empresas han utilizado herramientas de investigación para la obtención de información y pruebas estadísticas que se realizaron para identificar la relación entre las variables para determinar y evaluar el nivel de influencia de los factores analizados. La propuesta de esta investigación es un modelo conceptual para describir las variables que determinan el desarrollo de la competitividad de las industrias a través del desarrollo de los conocimientos en Baja California, México.

5.3.1. La sociedad del conocimiento

El conocimiento surge cuando una entidad tiene la percepción de que su propia experiencia y la habilidad le ha dado la capacidad para interpretar la información que se recibe en un momento determinado [Zapata-Cantú, 2004]. Conocimiento que se deriva de la información y la información se deriva de los datos. Existe una relación directa entre los datos, información y conocimiento.

Si la información se convierte en conocimiento, entonces la intervención de una persona que ha ocurrido. Las actividades de generación de conocimientos se producen en los seres humanos [Davenport and Prusak, 2001]. tecnologías de la información no

puede generar conocimiento por sí mismo, su obligatoria la intervención de una persona [Bueno, 2000].

El conocimiento se presenta como una alternativa para el desarrollo social de los individuos, que surge de la experiencia empírica, pero que posteriormente puede dar lugar a su acumulación, y también dar lugar a nuevas formas de entender un fenómeno, y en algún momento este nuevo conocimiento puede mejorar la calidad de vida de las personas que forman parte de una sociedad determinada. Sociedad del conocimiento Cuando una empresa logra una mayoría en el número de puestos de trabajo que se basan en la manipulación y gestión de la información sobre los asociados a algún tipo de esfuerzo físico, se dice que una sociedad de la información se forma. Y cuando la empresa alcanza a la base de sus actividades económicas en todo el conocimiento genera constantemente y son gestionados, entonces, esta entidad ha formado una sociedad del conocimiento [Rodríguez Rojas, 2001].

Este particular modelo de negocio está siendo usado en varias empresas y también se está aplicando en países de todo el mundo. Y para que este modelo se ha llevado a cabo con éxito en el funcionamiento de la organización asume que la institución tiene las entidades para apoyar esta política, los ejemplos de estas entidades podría ser las siguientes: los trabajadores, o CES, laboratorios, equipos informáticos, prácticas, responsabilidad social, actividades culturales y deportivas, entre otros?. El objetivo principal de este tipo de empresa requiere que las personas en la organización son capaces de adquirir las siguientes capacidades:

1. Competencias instrumentales (la capacidad de obtener información y aprender de ella),
2. Competencias interpersonales (capacidad de colaborar y generar conocimiento en conjunto),

3. y las competencias sistémicas (Capacidad para aplicar los conocimientos en entornos de la vida real) Las acciones o planes que se deben hacer en el modelo para

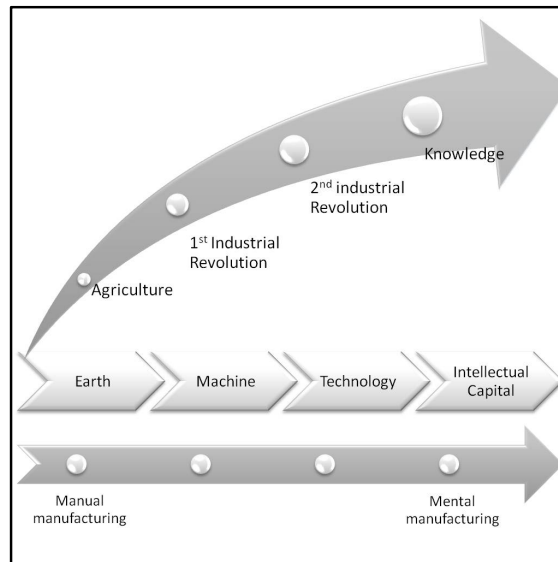


Figura 5.17: Evolución de los negocios hacia la Sociedad del Conocimiento

el logro de los objetivos se dividen en las siguientes acciones: 1. Instrumental: para gestionar la capacidad del empleado para analizar y sintetizar, organizar y planificar, desarrollar el conocimiento, obtener la competencia oral y escrita, entre otros;

2. Interpersonal: el desarrollo de conductas como la autocrítica, trabajo en equipo interdisciplinario y el comportamiento ético;

3. Sistémico: permite aplicar los conocimientos, la capacidad de aprendizaje, adaptabilidad, creatividad, liderazgo, multiculturalismo, que le permitan ser autodidacta, diseñar y gestionar proyectos, y tener iniciativa.

5.3.2. Agencia distribuidas

El modelado de un sistema social realista no se puede lograr recurriendo a un tipo particular de arquitectura o metodología. La metodología Agencias distribuidas (DA) representa una vía prometedora de investigación , con aplicaciones potencialmente rev-

olucionaria en ingeniería y en las área de las ciencias sociales en la que se reduce al mínimo las distancias físicas entre los sistemas físicos y sociológicos. En este trabajo sienta las bases para una descripción DA de las realidades socio-económicas, en un proceso que entrelaza diferentes técnicas de cálculo disponibles en el contexto de la DA para representar el comportamiento social e individual de una manera contextualizada, con capacidad de agentes con racionalidad limitada y de las interacciones complejas. Creemos que esta vía de investigación mejorará nuestra comprensión de la complejidad social, a medida que avanza el debate en el campo de describir la gran variedad de realidades lineales y no lineales, los niveles de bloqueo y las teorías actualmente no existentes. La metodología que se representa con el objetivo de crear un nuevo enfoque a las arquitecturas de simulación, creando un lenguaje que une a las ciencias sociales para programar la terminología y que por lo tanto pueden ser ampliamente aplicadas. La metodología de DA representa una teoría general del comportamiento colectivo y la formación de la estructura [Suarez and Castanon-Puga, 2010], que tiene la intención de redefinir las agencias y de nuevo que la TEC en la información layersof múltiple e interacción, a diferencia del enfoque tradicional en la que la agencia sólo se refleja en individuos, atomizada y agentes aislados.

5.3.3. Minería de datos y Sistema Neuro Fuzzy

Usando el Sistema Difuso de intervalo de tipo (IT2FNN) para la generación automática de reglas, esta fase de la minería de datos con un tipo 2 (IT2FLS) se complica, ya que existen normas suficientes para determinar qué variables hay que tener en cuenta [Castillo et al., 2010, Castro et al., 2010]. Utilizando el método de backpropagation y aprendizaje híbrido (PA + SPI), siendo los más eficiente en otros métodos como los algoritmos genéticos, utilizado en otros estudios [Rantala and Koivisto, 2002]

[Castro et al., 2008]. El método IT2FNN parece producir modelos más precisos con menos reglas. Este algoritmo de optimización se utiliza ampliamente y es un método numérico para minimizar una función objetivo en un espacio multidimensional, y la aproximación de solución global óptima a un problema con las variables de N , que minimizan la función suavemente [Stefanescu, 2007].

El uso de este algoritmo de agrupamiento se obtiene de las normas, el agente recibe entradas de su entorno y también debe elegir una acción en forma autónoma y flexible para cumplir su función [Suarez and Castanon-Puga, 2010].

Se han propuesto los agentes difusos para representar a los organismos que no pueden ser modelados con actores específicos [Suarez and Castanon-Puga, 2010]. Luego propusieron agencias distribuidas como un lenguaje de simulación para describir los fenómenos sociales [Suarez and Castanon-Puga, 2010]. En [Suarez et al., 2010] este se presenta una aproximación al sistema de toma de decisiones basada en agentes cognitivos que utilizan reglas de inferencia tipo 2 para poner en práctica la falta de claridad sobre las agencias. Este modelo se introdujo la subjetividad y la incertidumbre en el modelado de preferencias de los agentes que se encontraban en los niveles de influencia de las diferentes agencias. Las preferencias para la elección en una opción de competir entre sí, sino que también están influenciadas por variables endógenas y exógenas que pudieran tener efectos en los niveles de incertidumbre y, por tanto, afectan la forma en que los agentes interpretan los mensajes. Un importante trabajo relacionado con estos enfoques se presenta en [Mendel and Wu, 2010] donde se encuentra un ejemplo de la aplicación del tipo 2 de lógica difusa para modelar un sistema de toma de decisiones o percepción subjetiva. Estamos utilizando las ideas de Mendel para la modelización Agencias distribuidas. Estamos trabajando en combinar técnicas de Neuro-Fuzzy para configurar sistemas de inferencia difusa [Márquez et al., 2011d].

5.3.4. Caso de estudio

El sector de tecnología de la información en Baja California tiene grandes ventajas sobre otros estados en México en gran parte porque ha pasado por una alta a la economía con mayor número de consumidores de tecnologías en el mundo: los Estados Unidos de América. ¿Quién utiliza todo tipo de tecnologías y software, además que actualmente presenta ciertos problemas con los proveedores asiáticos en los servicios de la tecnología, debido en parte a diferencias geográficas y horarios. De general a lo particular, Baja California cuenta con los elementos atractivos de esta industria para muchas economías en todo el mundo. México tiene los elementos necesarios para sostener el progreso económico en la explotación de oportunidades en el mercado de TI, de acuerdo con estudios realizados en observatorios de la tecnología [Gartner, 2010].

En México, el mercado de TI está poco desarrollado. En 2005, este mercado alcanzó 8,254 millones de dólares EE.UU., de los cuales los paquetes de software alcanzaron 817 millones de dólares EE.UU. y los servicios ascendieron a 2,311,000 millones de dólares EE.UU, casi tres veces de Moret. Las empresas son mucho más pequeñas que el promedio internacional, que es de 250 empleados. Junto con un puñado de grandes empresas, en su mayoría extranjeros y nacionales, a algunos cientos de pequeñas y medianas empresas (PYME), principalmente el desarrollo de servicios personalizados. Además, en el campo del software se ha desarrollado por RMS especializados tienen un valor mucho más bajo que hace que las universidades, instituciones públicas y las grandes empresas no se especialicen en software [Casalet, 2007].

El actual entorno mundial en el sector de las TI ha atraído correo público y privado? para construir las condiciones para la formación de una masa crítica de empresas.

Estos procesos no sólo implica una clara definición de las políticas públicas, pero la promoción de la conducta empresarial, especialmente dirigido a los jóvenes que son el

motor clave de la competencia. El desarrollo de un empresario está influenciado por un contexto que facilite su desempeño, si la tendencia actual hacia la burocratización, no crea un ambiente propicio para la generación de nuevas empresas, la introducción de productos creativos e innovadores. Para ello hay que añadir a las deficiencias regionales en los procesos de innovación que pueden obstaculizar la construcción de un entorno favorable [Casalet, 2007].

Por lo tanto, este trabajo basa su investigación en tres aspectos de las empresas:

Capital intelectual, inteligencia de negocios y el grupo empresarial. El primer enfoque consiste en el análisis de las personas de la organización, las formas y maneras que generan conocimiento y cómo la transmisión a otros. La segunda, es el estudio de las actividades empresariales a tomar medidas para mantener los conocimientos de sus empleados genera en el núcleo de las organizaciones de apoyo a las estrategias de toma de decisiones. Por último, el tercer enfoque es la intención de comprender la interacción entre las empresas y cómo los procesos de participación, el conocimiento y las conexiones para lograr una mayor competitividad [Ahumada-Tello, 2011].

5.3.5. Investigación de la muestra

Este estudio se lleva a cabo en las instalaciones de los distintos actores que conforman el grupo de estudio. Las empresas seleccionadas para la investigación, como parte de ella se les preguntó sobre sus prácticas en materia de innovación y desarrollo tecnológico, son altamente competitivos en sus respectivos sectores, algunos de ellos a nivel regional, en muchos otros ámbitos nacionales e internacionales. El denominador común de estas empresas es el reconocimiento a la investigación científica, desarrollo tecnológico y la innovación para la alta demanda y sus procesos son de alto valor añadido que, según el marco teórico, el enfoque se aplica plausible a la gestión del conocimiento. Estas

empresas son deseables para el estado de Baja California, independientemente de su lugar de origen.

Cuadro 5.1: Las empresas seleccionadas para llevar a cabo esta investigación son:

1	Gameloft
2	Honeywell Aerospace
3	Factory of ideas - CETYS
4	Grupo Red
5	Skyworks
6	Kenworth
7	Ajosía Prototype and manufacturing
8	Scantibodies
9	Baja Innova
10	Softtek
11	Dr. Alexei Licea - CICESE
12	Technys
13	Siscor
14	Genetic Solutions and Labs (LSG)

La metodología propuesta divide en el comportamiento observado en los diferentes niveles de agencia. En cada uno de estos niveles, el análisis a fin de recabar información en todos los niveles de estudio: el capital intelectual, inteligencia empresarial y el conjunto de las empresas [Ahumada-Tello, 2011].

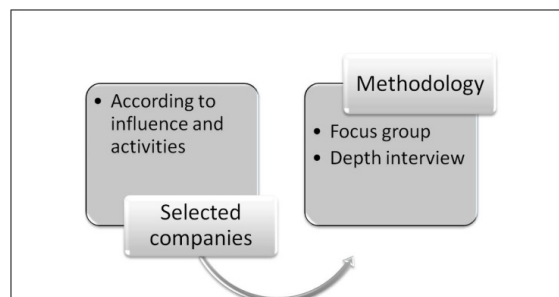


Figura 5.18: Metodología Aplicada

5.3.6. Modelización de Agencias distribuidas

Para construir el modelo de la Sociedad del Conocimiento para los Negocios y Gestión se seguirá la Metodología de Agencia distribuidas[Márquez et al., 2011d]:

Caso de estudio agencias distribuidas

En esta investigación, el análisis de la agencia define tres factores:

1. El capital intelectual: los empleados y personas que trabajan en la organización, humano, estructural y relacional de capital

2. La inteligencia de negocios: estrategias de negocio, las tendencias de innovación y toma de decisiones.

3. Grupo de la empresa: Sociedad, regionales medio ambiente, las políticas públicas. Cada fundamento de la empresa crece en la interacción de las tres agencias que menciona más arriba. Como parte de las estrategias de cada una de las empresas estudiadas utilizados, todos ellas se consideró que los conceptos encontrados en esta investigación son parte de las formas fundamentales que utilizan para lograr la competitividad, de hecho, los tres aspectos estudiados están interrelacionados entre sí [Ahumada-Tello, 2011].

El desarrollo de capital intelectual es un paso importante para lograr la inteligencia empresarial con el fin de estandarizar el proceso de decisión y cuando este segundo paso se ha completado, entonces el negocio de su agrupación la consecuencia natural para el sector de tecnología de la información económica, tratando de influencia en las políticas públicas realizadas por el gobierno.

5.3.7. Análisis de resultados

En este trabajo las agencias (empleados, PYME, agrupaciones de empresas) consideran el conocimiento como uno de los activos más valiosos que las empresas pueden dar. El estudio indica que los principales dirigentes y los elementos humanos de las organizaciones que fueron estudiados son una referencia importante a los conocimientos. En segundo lugar, consideran que el entorno empresarial es esencialmente una conexión estrecha entre las empresas y el gobierno, aunque esta última es la responsabilidad de proveer las condiciones necesarias para facilitar a las empresas realizar más proyectos. Por último, la agrupación de negocio refuerza la imagen del sector mientras que proporciona la oportunidad de hacer negocios y un buen rendimiento es una responsabilidad conjunta de las empresas, instituciones educativas y gubernamentales. Este artículo ilustra los tres pasos que mencionan en la sección de la metodología de agencias distribuidas.

Capítulo 6

Discusión

La Simulación social hoy en día trata de modelar problemas sociales más realista utilizando la teoría de los sistemas sociales complejos y el modelado basados en agentes. Existen proyectos multidisciplinarios que por su complejidad y distintas relaciones anexadas al campo de estudio requieren de una metodología de investigación científica distinta, a estudios tradicionales.

Hasta la fecha, la gran mayoría de los científicos de computo social, carecían de una metodología sistemática para el desarrollo de simulaciones sociales complejas, comparable a la metodología de modelos matemáticos o estadísticos en las ciencias sociales. Este trabajo propone una metodología para simulaciones sociales complejas utilizando las agencias distribuidas. La metodología propuesta ilustra tres casos de estudio aplicando la metodología. Si bien la metodología propuesta requiere un mayor grado de desarrollo en la parte evolutiva, hasta ahora ha demostrado su utilidad para el análisis de estudios complejos sociales.

Existen otras metodologías propuestas como de Cioffi-Revilla [Cioffi-Revilla, 2010]. El cual se basa en la conceptualización y el desarrollo de una sucesión de modelos, real-

izando desde un modelo muy simple hasta un modelo con mayor complejidad a medida que se aproximan al mundo real el cual lo llama “sistema de destino”, La metodología propuesta se basa en características específicas de los sectores estructurales sociales y naturales, así como múltiples escalas temporales y espaciales. La metodología de Cioffi-Revilla es mostrada con el proyecto de Mason-Smithsonian utilizando modelos basados en agentes en las políticas aplicadas en el interior de Asia [Cioffi-Revilla et al., 2007].

Menciona que una metodología viable para la simulación social compleja debe basarse en las necesidades específicas y principales características operacionales. Por otra parte enfatiza que debe existir una comunicación eficiente entre los científicos de diferentes campos de estudio, ya que requiere de paciencia, capacidad de trabajar en equipo y habilidades vinculadas tanto a nivel profesional como interpersonal; con el fin de apoyar y tener una fructífera colaboración multidisciplinaria. Por ello los científicos sociales, de la computación, y de las ciencias naturales necesitan un marco común para colaborar con éxito en estos proyectos complejos.

Un problema importante que menciona al modelar, son las escalas de tiempo en el sistema de destino, las decisiones del agente puede ocurrir dentro del rango de milisegundos a segundos, mientras que el cambio climático y la variación cultural puede variar desde siglos a milenios.

El modelo inicial consiste en los siguientes pasos:

- 1.- Especificar las preguntas básicas que se requieren responder, sobre el sistema de destino

- 2.- Identificar un conjunto mínimo de entidades sociales fundamentales o (actores) y los componentes ambientales en el sistema de destino y representar a estas como un mundo simple inicial. Facilitándolo con el modelado basados en agentes.

- 3.- Definir un conjunto inicial de relaciones entre las entidades del modelo, como las

interacciones agente-entorno e interacciones entre los propios agentes.

4.- Por cada objeto en el mundo simple (agentes y el medio ambiente) seleccionar un mínimo de atributos significativos basados en teorías sociales.

5.- Seleccionar un conjunto mínimo de operaciones y métodos que afectan a los diversos atributos de entidad, basadas en consideraciones teóricas.

6.- Desarrollar una nueva teoría si es necesario; ya que el modelo resultante puede revelar huecos sin haber sido estudiados por la teoría social

7.- Abstenerse de probar este modelo inicial con los datos del mundo real, ya que, obviamente, no se tendrán los resultados esperados

8.- Decidir si los usuarios que no sean investigadores utilizaran el modelo (por ejemplo, los analistas de la política), pero la participación de los usuarios finales en el desarrollo del modelo es altamente recomendable.

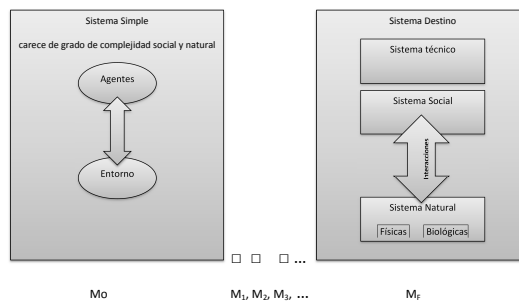


Figura 6.1: Metodología de Cioffi-Revilla

La metodología de Cioffi-Revilla se basa en un proceso de desarrollo desde un modelo simple con una relación mínima entre los principales actores, hasta desarrollar un modelo más complejo. Como primer paso nos dice que se deben tener las preguntas básicas que se requieren responder.

Implícitamente se debe contar con ello antes de empezar la metodología que proponemos, el primer paso de nuestra metodología el cual es la “determinación de los

niveles de agencia y sus relaciones”. Los pasos del dos al cinco de la metodología de Cioffi-Revilla se relacionan bastante:

Ya que se identifican las entidades y relaciones entre las misma y con entorno. Seleccionando los atributos, operaciones y métodos basados en las teorías sociales, utilizando las agencias distribuidas. Al determinar las relaciones entre las entidades y con su entorno en distintos niveles creamos un modelo el cual puede dar pie a desarrollar una nueva teoría como en el punto seis de Cioffi-Revilla.

Sin embargo en el paso siete de la metodología de Cioffi-Revilla comparados con nuestra metodología nosotros no podemos probar en nuestro modelo hasta haber concluido la minería de datos y haber generado las reglas, teniendo datos preliminares para el modelado de los agencias. Y por último en nuestra metodología no se menciona que tipos de usuarios pueden usar el modelo, pero concuerdo que se debe evaluar los tipos de usuarios adecuados para el uso de la misma.

La metodología que proponemos pretende ser una alternativa al estudio de los modelos tradicionales, tanto la manera de analizar un sistema social complejo, como de resolverlo. Se caracteriza por ser holística, intenta retratar el proceso global del mundo real y es sensible a cualquier investigación compleja del campo social. Su diseño es heurístico pues experimenta el análisis de distintos niveles logrando mayor conocimiento, e interpretación del mundo real, analizando los resultados desde nivel macro a un nivel micro. Escoge las técnicas de la computación acordes a problemas sociales complejos como es interpretar los símbolos del lenguaje y el significado de las palabras de manera cualitativa.

Capítulo 7

Conclusiones

El desarrollo de una metodología para un sistema complejo, puede implicar diferentes técnicas, teorías y la percepciones de cada investigador puede ser muy distinta. El uso exclusivo de una metodología estadística en las ciencias sociales, es insuficiente para analizar un sistema complejo, esto debido a la infinidad de variables utilizadas en la medición. La metodología se desarrolla de manera holística, con un análisis de los distintos niveles en dimensión y tiempo, el cual trata de aplicar la dinámica de no linealidad, las propiedades emergentes, los procesos de auto-organización y las interacciones entre los múltiples niveles entre las distintas dimensiones. El campo es interdisciplinario y nuestro propósito principal de la metodología propuesta es encontrar una conexión entre las distintas teorías sociales y teorías computacionales ligadas a la ciencia de la complejidad; el resultado de la metodología proporciona una poderosa alternativa para complementar, sustituir y ampliar los enfoques tradicionales en el ámbito de las ciencias sociales desde la percepción del cual se estudia un sistema complejo al desarrollo de las diferentes técnicas propuestas. Las conexiones multidisciplinarias y el modelado en distintos niveles es un campo inexplorado para la ciencia computacional social y simulación social. Hasta ahora esta metodología ha demostrado ser un camino para

avanzar en los objetivos de investigadores para mejorar el estudio del campo social.

El uso de la estadística en las ciencias sociales, tiene mayor precisión al aumentar el número de variables; es válida cuando es analizada a un solo nivel, pero la mayoría de los problemas sociales, engloba un sistema complejo. Es difícil abarcar una metodología general para cualquier sistema complejo, no solo por la infinidad de variables que pueden ser utilizadas en la medición, también por la dinámica no lineal, las propiedades emergentes, los procesos de auto-organización y las interacciones entre los múltiples niveles entre las diferentes dimensiones. Por ello es necesario el análisis de los sistemas complejos basados con enfoques en múltiples niveles.

Podemos analizar y observar en los casos de estudio que la metodología se puede acoplar a las interacciones entre los múltiples niveles solo si tiene identificadas las relaciones significativas. En el caso de estudio de la pobreza se puede ilustrar los niveles macro y meso. Y casos concretos como zonas donde la periferia hay un grado de mayor pobreza, también podemos suponer como se encuentran las agencias a nivel inferior.

La metodología aplicada a un sistema sustentable, puede implicar un mundo de información con distintas teorías y técnicas de cómputo. Nuestro modelo sustentable utilizo diferentes técnicas de simulación siendo un instrumento importante para cualquier planificación. El uso de los sistemas dinámicos; nos ayudan a crear nuevos modelos teóricos, y a entender las relaciones que existen entre los sistemas. Visualizando todo esto a un nivel global o macro. Las agencias distribuidas nos ayudan ver casos concretos, y las relaciones interpersonales que existen entre las agencias.

Nuestra metodología se desarrolla de manera holística, el análisis del sistema sustentable, es estudiado a nivel macro determinando todos los procesos que se dan entre el empleo, la población y el agua. Este análisis nos genera un modelo a nivel superior, que a la vez influye y es influido por los niveles inferiores. Teniendo cuidado con las

jerarquías de en medio, ya que la mayoría de los análisis en general se van de extremo a extremo sin considerar la parte media. Esto se puede lograr no perdiendo de vista las relaciones que existen entre los componentes, entre los distintos niveles.

En la primera parte de nuestro modelo de simulación urbana, nos arrojaron datos interesantes, en el área social-ambiental, se puede observar como el alto crecimiento demográfico de Ciudad Juárez se ha incrementado junto con el consumo de agua potable. El sistema de agua potable de Ciudad Juárez extrae el 100 % de su agua del acuífero de Bolsón del Hueco, con una tasa de extracción que sobrepasa varias veces la tasa de recarga natural, basados en estos datos nuestro modelo de simulación arrojó que en 20 años el consumo del agua del acuífero no será suficiente para abastecer a toda la población de ciudad Juárez. También se encontró que debido que Ciudad Juárez se encuentra ligada a la economía norteamericana por su calidad de ciudad fronteriza, en un futuro podía sufrir una crisis financiera por la dependencia que existe. Sin embargo aun faltan datos y relaciones por definir, para poder ajustar nuestro modelo, tomando las variables necesarias de cada sistema y las relaciones que existentes entre si, puede arrojar información interesante, que debiera ser objeto de estudio en las distintas disciplinas, (social, económico y ambiental).

Bibliografía

- [Abbott, 2006] Abbott, R. (2006). Emergence explained: Getting epiphenomena to do real work. *Emergence Explained: Getting epiphenomena to do real work*.
- [Adami, 2002] Adami, C. (2002). What is complexity? *BioEssays*, 24(12):1085–1094.
- [Ahmed et al., 2005] Ahmed, E., Elgazzar, A. S., and Hegazi, A. S. (2005). An overview of complex adaptive systems. *Mansoura*.
- [Ahumada-Tello, 2011] Ahumada-Tello, E. (2011). *La Gestión del Conocimiento para la Generación de Competitividad Sistémica: El Sector de Tecnologías de la Información en Tijuana, Baja California, 2009-2010*. PhD thesis, Universidad Autónoma de Baja California, México.
- [Akindola, 2009] Akindola, R. B. (2009). Towards a definition of poverty poor peoples perspectives and implications for poverty reduction. *Journal of Developing Societies*, 25:121–150.
- [Artikis et al., 2009] Artikis, A., Boissier, O., Bordini, R., Castelfranchi, C., Conte, R., Cortés, U., Dastani, M., Dignum, F., Fatima, S., Fornara, N., Lemaitre, C., Lesser, V., López, F., Luck, M., Matson, E., Noriega, P., Odell, J., Oliveira, E., Omicini, A., Ossowski, S., Perini, A., Renna, P., Costa, A. C. d. R., Rodríguez-Aguilar, J. A., Scerri, P., Sichman, J. S., Sierhuis, M., Sycara, K., Sonenberg, L., Vasconcelos, W.,

- Vazquez-Salceda, J., and Verdicchio, M. (2009). *Handbook of research on multi-agent systems : semantics and dynamics of organizational models*. Hershey Pa. : Information Science Reference, New York.
- [Ashby, 2004] Ashby, R. (2004). Principles of the self-organizing system. *E:CO Special Double Issue*, 6:102–126.
- [Ashby, 1958] Ashby, W. R. (1958). Requisite variety and its implications for the control of complex systems. *Cybernetica*, 1.
- [Axelrod, 1997] Axelrod, R. (1997). Advancing the art of simulation in the social sciences.
- [Banks, 2002] Banks, S. C. (2002). Tools and techniques for developing policies for complex and uncertain systems. *PNAS*, 9:7263–7266.
- [Becker et al., 2005] Becker, J., Niehaves, B., and Klose, K. (2005). A framework for epistemological perspectives on simulation. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 8.
- [Benenson and Torrens, 2004] Benenson, I. and Torrens, P. (2004). *Geosimulation: Automata-based Modeling of Urban Phenomeno*. Geosimulation: Automata-based Modeling of Urban Phenomeno. John Wiley and Sons, London.
- [Betterton, 2008] Betterton, A. (2008). Complexity, complicatedness and complexity: A new science behind organizational intervention? *E:Co Special Double*, 6:40–48.
- [Boschetti and Gray, 2008] Boschetti, F. and Gray, R. (2008). *A Turing Test for Emergence*, pages 349–364. Springer London, London.

- [Botti and Julian, 2003] Botti, V. and Julian, V. (2003). Estudio de métodos de desarrollo de sistemas multiagente. *Inteligencia Artificial, Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 18.
- [Boulding, 1956] Boulding, K. (1956). General systems theory the skeleton of science. *Management Science*, 6(3):127–139.
- [Brownlee, 2007] Brownlee, J. (2007). Complex adaptive systems. Technical report, Complex Intelligent Systems Laboratory, Centre for Information Technology Research, Faculty of Information Communication Technology, Swinburne University of Technology.
- [Bueno, 2000] Bueno, E. (2000). *Perspectivas sobre dirección del conocimiento y capital intelectual*. Instituto Universitario Eurofórum Escoria, Madrid, España.
- [Cabezas et al., 2005] Cabezas, H., Pawlowski, C., Mayer, A., and Hoagland, T. (2005). Sustainable systems theory: ecological and other aspects. *Journal of Cleaner Production*, 13(5).
- [Casalet, 2007] Casalet, M. (2007). *El impacto de las políticas e instituciones locales y sectoriales en el desarrollo de clusters.^{en} México: el caso del sector de software*. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, México.
- [Castillo et al., 2010] Castillo, O., Melin, P., and Castro, J. R. (2010). Computational intelligence software for interval type-2 fuzzy logic. *Journal Computer Applications in Engineering Education*.
- [Castro et al., 2010] Castro, J. R., Castillo, O., Melin, P., Mendoza, O., and Rodríguez-Díaz, A. (2010). An interval type-2 fuzzy neural network for chaotic time series prediction with cross-validation and akaike test. *Soft Computing for Intelligent Control and Mobile Robotics*, 318:269–285.

- [Castro et al., 2008] Castro, J. R., Castillo, O., Melin, P., and Rodríguez-Díaz, A. (2008). A hybrid learning algorithm for a class of interval type-2 fuzzy neural networks. *Journal of Information Sciences*, 179(13):2175–2193.
- [Cervera, 2007] Cervera, L. (2007). Indicadores de uso sustentable del agua en ciudad Juárez, chihuahua. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*.
- [Cioffi-Revilla, 2010] Cioffi-Revilla, C. (2010). A methodology for complex social simulations. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 13(1):7.
- [Cioffi-Revilla et al., 2007] Cioffi-Revilla, C., Luke, S., Parker, D. C., Rogers, J. D., Fitzhugh, W. W., Honeychurch, W., Frohlich, B., Depriest, P., and Amartuvshin, C. (2007). Agent-based modeling simulation of social adaptation and long-term change in inner asia.
- [Ciria, 2009] Ciria (2009). Sustainable construction procurement.
- [Davenport and Prusak, 2001] Davenport, T. and Prusak, L. (2001). *Conocimiento en acción. Cómo las organizaciones manejan lo que saben*. Prentice Hall, Buenos Aires, Argentina, 1 edition.
- [David et al., 2010] David, N., Caldas, J. C., and Coelho, H. (2010). Epistemological perspectives on simulation iii. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 13(1):14.
- [Davidsson, 2002] Davidsson, P. (2002). Agent based social simulation: A computer science view. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 5.

- [Ding and Zhang, 2007] Ding, Y.-C. and Zhang, Y.-K. (2007). The simulation of urban growth applying sleuth ca model to the yilan delta in taiwan. *Journal Alam Bina, Jilid 09, No: 01, 2007*.
- [Downey, 2009] Downey, A. (2009). *Computational Modeling and Complexity Science: PYTHON - 2008 Edition*. CreateSpace.
- [Drennan, 2005] Drennan, M. (2005). The human science of simulation: a robust hermeneutics for artificial societies. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 8(1).
- [Dubey et al., 2004] Dubey, P., Chen, Z., and Shi, Y. (2004). Using branch-grafted r-trees for spatial data mining.
- [Fioretti and Visser, 2004] Fioretti, G. and Visser, B. (2004). A cognitive interpretation of organizational complexity. *E:CO Special Double Issue*, 6:11–23.
- [Galán-Ordax et al., 2006] Galán-Ordax, J. M., López-Paredes, A., and del Olmo-Martínez, R. (2006). Modelado y simulación basada en agentes con sig para la gestión de agua en espacios metropolitanos.
- [Gartner, 2010] Gartner, I. (2010). Technology research & business leader insight. Online. www.gartner.com.
- [Georgeff and Lansky, 1987] Georgeff, M. and Lansky, A. (1987). Reactive reasoning and planning.
- [Gershenson, 2002] Gershenson, C. (2002). Philosophical ideas on the simulation of social behaviour. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 5.
- [Gilbert, 2007] Gilbert, N. (2007). *Computational social science: Agent-based social simulation*, pages 115–134. Bardwell, Oxford.

- [Gómez, 2003] Gómez, J. (2003). Metodologías para el desarrollo de sistemas multi-agente.
- [Goos et al., 2009] Goos, G., Hartmanis, J., and Leeuwen, J. v. (2009). *Lecture Notes in Computer Science*.
- [Halloy, 1999] Halloy, S. (1999). A theoretical framework for abundance distributions in complex systems.
- [Helbing et al., 2009] Helbing, D., Yu, W., and Rauhut, H. (2009). Self-organization and emergence in social systems. modeling the coevolution of social environments and cooperative behavior.
- [Heylighen, 2008] Heylighen, F. (2008). Five questions on complexity.
- [Holland, 1992] Holland, J. H. (1992). Complex adaptive systems. *Daedalus*, 121:17–30.
- [INEGI, 2006] INEGI (2006). Ii conteo de población y vivienda 2005. instituto nacional de estadística geografía e informática.
- [Jaffe and Zaballa, 2010] Jaffe, K. and Zaballa, L. (2010). Co-operative punishment cements social cohesion. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 13:4.
- [Jennings and Wooldridge, 1998] Jennings, N. R. and Wooldridge, M. J. (1998). *Agent Technology: Foundations, Applications and Markets*. Springer-Verlag New York, Inc, New York.
- [JMAS, 1997] JMAS (1997). “proyecto de las plantas de tratamiento de aguas residuales norte y sur y obras complementarias de alcantarillado de cd. Juárez, chihuahua”.
- [JMAS, 2005] JMAS (2005). ”plan de trabajo 2005, gobierno del estado de chihuahua”.

- [Jost, 2004] Jost, J. (2004). *External and internal complexity of complex adaptive systems*, volume 123, pages 69–88. Springer Berlin / Heidelberg, Berlin.
- [Julian and Botti, 2000] Julian, V. and Botti, V. (2000). Agentes inteligentes: el siguiente paso en la inteligencia artificial. *Horizonte 2025*.
- [Klein, 2004] Klein, J. T. (2004). Interdisciplinarity and complexity: An evolving relationship. volume 6, pages 2–10, México.
- [Landoli, 2007] Landoli, L. (2007). *Organizational cognition and learning : building systems for the learning organization / Luca Iandoli and Giuseppe Zollo, authors*. Information Science Pub, Hershey PA :. Includes bibliographical references and index.
- [Lansing, 2003] Lansing, S. (2003). Complex adaptive systems.
- [Lempert, 2002] Lempert, R. (2002). Agent-based modeling as organizational and public policy simulators.
- [López et al., 2002] López, A., Hernández, C., Pajares, J., and Aguilera, A. (2002). Sistemas multiagente en ingeniería de organización. técnicas computacionales de simulación de sistemas complejos.
- [Mendel and Wu, 2010] Mendel, J. M. and Wu, D. (2010). *Perceptual Computing, Aiding People in Making Subjective Judgments*. IEEEPress.
- [Miler and Page, 2007] Miler, J. and Page, S. (2007). *Complex Adptative Systems, An introduction to computational models of social life*. Princeton university press edition.
- [Mitchell and Newman, 2002] Mitchell, M. and Newman, M. (2002). Complex systems theory and evolution. *Encyclopaedia of Evolution (M. Pagel, editor)*.
- [Morin, 2008] Morin, E. (2008). Restricted complexity, general complexity.

- [Márquez et al., 2010a] Márquez, B. Y., Castanon-Puga, M., Castro, J. R., and Suarez, E. D. (2010a). On the modeling of a sustainable system for urban development simulation using data mining and distributed agencies.
- [Márquez et al., 2011a] Márquez, B. Y., Castanon-Puga, M., Castro, J. R., and Suarez, E. D. (2011a). A distributed agency methodology applied to complex social systems. In *13th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS)*. Enterprise Information Systems.
- [Márquez et al., 2011b] Márquez, B. Y., Castanon-Puga, M., Castro, J. R., Suarez, E. D., and Magdaleno-Palencia, J. S. (2011b). Fuzzy models for complex social systems using distributed agencies in poverty studies.
- [Márquez et al., 2011c] Márquez, B. Y., Castanon-Puga, M., Castro, J. R., Suarez, E. D., and Velandia-Briñez, C. D. (2011c). Simulating complex social systems for poverty studies using distributed agencies and fuzzy logic.
- [Márquez et al., 2011d] Márquez, B. Y., Castañon-Puga, M., Castro, J. R., and Suarez, D. (2011d). Methodology for the modeling of complex social system using neuro-fuzzy and distributed agencies. *Journal of Selected Areas in Software Engineering (JSSE)*.
- [Márquez et al., 2010b] Márquez, B. Y., Castañon-Puga, M., and Suarez, E. D. (2010b). On the simulation of a sustainable system using modeling dynamic systems and distributed agencies. In (INC), N. C., editor, *INC2010: 6th International Conference on Networked Computing*, pages 86–90. IEEE.
- [Márquez et al., 2010c] Márquez, B. Y., Manuel, C.-P., and Saurez, D. (2010c). Sustainable system simulation for urban development using distributed agencies.

- [Peng et al., 2008] Peng, Y., Kou, G., Shi, Y., and Chen, Z. (2008). A descriptive framework for the field of data mining and knowledge discovery. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 7:639–682.
- [Pepper, 1926] Pepper, S. C. (1926). Emergence. *Journal of Philosophy*, pages 241–245.
- [Prokopenko et al., 2009] Prokopenko, M., Boschetti, F., and Ryan, A. J. (2009). An information-theoretic primer on complexity, self-organization, and emergence. *Complex.*, 15(1):11–28.
- [Rantala and Koivisto, 2002] Rantala, J. and Koivisto, H. (2002). Optimised subtractive clustering for neuro-fuzzy models.
- [Rodríguez Rojas, 2001] Rodríguez Rojas, P. (2001). La sociedad del conocimiento y el fin de la escuela. *Artículos Educere*, 5(13).
- [Romo et al., 2009] Romo, L., Córdova, G., Brugués, A., Rubio, R., Ochoa, L., Díaz, I., Lizárraga, G., Guerra, E., Aniles, M., Sapién, A., Mota, M., and Fong, J. (2009). “zonificación y ordenamiento ecológico y territorial del municipio de Juárez”.
- [Rossiter et al., 2010] Rossiter, S., Noble, J., and Bell, K. R. (2010). Social simulations: Improving interdisciplinary understanding of scientific positioning and validity. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*.
- [Russell and Norvig, 2004] Russell, S. and Norvig, P. (2004). *Inteligencia Artificial. Un Enfoque Moderno*. Pearson Prentice Hall, 2 edition.
- [Sigmund, 1998] Sigmund, K. (1998). Complex adaptive systems and the evolution of reciprocation.
- [Sánchez, 1997] Sánchez, J. (1997). Monografía de ciudad Juárez.

- [Stefanescu, 2007] Stefanescu, S. (2007). Applying nelder mead’s optimization algorithm for multiple global minima. *Romanian Journal of Economic Forecasting.*, pages 97–103.
- [Suarez and Castanon-Puga, 2010] Suarez, E. D. and Castanon-Puga, M. (2010). Distributed agency, a simulation language for describing social phenomena. In *IV Edition of Epistemological Perspectives on Simulation*, Hamburg, Germany. The European Social Simulation Association.
- [Suarez et al., 2010] Suarez, E. D., Castanon-Puga, M., Flores, D.-L., Rodriguez-Diaz, A., Castro, J. R., Gaxiola-Pacheco, C., and Gonzalez-Fuentes, M. (2010). A multi-layered agency analysis of voting models. In *The 3rd World Congress on Social Simulation WCSS2010*, Kassel, Germany.
- [Suarez et al., 2009] Suarez, E. D., Castanon-Puga, M., and Marquez, B. Y. (2009). Analyzing the mexican microfinance industry using multi-level multi-agent systems.
- [Suarez et al., 2007] Suarez, E. D., Rodríguez-Díaz, A., and Castañón-Puga, M. (2007). *Fuzzy Agents*, volume 154 of *Studies in Computational Intelligence*, pages 269–293. Springer, Berlin.
- [Suarez et al., 2008] Suarez, E. D., Rodriguez-Diaz, A., and Castanon-Puga, M. (2008). *Soft Computing for Hybrid Intelligent Systems*, volume 154, chapter Fuzzy Agents, pages 269–293. Springer.
- [Tononi and Edelman, 2010] Tononi, G. and Edelman, G. M. (2010). Consciousness and complexity. *Science AAAS*.
- [Weaver, 1948] Weaver, W. (1948). *Science And Complexity*, chapter 1’ ”The Scientists Speak,”. 1948, New York City.

- [Wilensky, 1999] Wilensky, U. (1999). Netlogo software.
- [Williams and Dollisso, 1998] Williams, D. and Dollisso, A. (1998). Rationale for research on including sustainable agriculture in the high school agricultural education curriculum. *Journal of Agricultural Education*, 39, No. 3.
- [Wooldridge and Jennings, 1995] Wooldridge, M. and Jennings, N. (1995). Intelligent agents: Theory and practice. *Knowledge Engineering Review*.
- [Yolles, 2006] Yolles, M. (2006). Organizations as complex systems: An introduction to knowledge cybernetics.
- [Zadeh, 1965] Zadeh, L. A. (1965). *Fuzzy sets*, volume 8. Information and Control.
- [Zadeh, 1988] Zadeh, L. A. (1988). Fuzzy logic. *Computer*, 21(4):83–93.
- [Zapata-Cantú, 2004] Zapata-Cantú, L. E. (2004). *Las determinantes de la generación y la transferencia del conocimiento en pequeñas y medianas empresas del sector de tecnologías de información en Barcelona*. PhD thesis, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España.