

El análisis de jerarquías como método de planificación en las ciencias sociales

Carlos A. Hernández Z.*

Resumen: Dentro de los métodos sistémicos de planificación el análisis de jerarquías es el de mayor empleo en la actualidad y presenta grandes posibilidades de aplicación en diversos campos de las ciencias sociales. El presente artículo describe algunos de los métodos sistémicos de planificación y se adentra en la explicación de la metodología del análisis de jerarquías.

Abstract: At present, the analysis of hierarchies is the most widely used method among systemic planning methods and it offers great application possibilities in the different fields of social sciences. This article describes some of the systemic planning methods and it gives a full explanation of the methodology used for analyzing hierarchies.

1. Introducción

Toda ciencia social puede catalogarse como ciencia de los sistemas sociales; en este sentido hará uso del enfoque de la ciencia general de sistemas, el más amplio y extenso desarrollado en la historia de la humanidad. Su aplicación se extiende incluso al estudio de las culturas humanas:

“Inclusive para los valores humanos, esas misteriosas entidades, se han desarrollado teorías científicas. De hecho, la teoría de la información, la teoría de juegos y la teoría de las decisiones proveyeron modelos para tratar aspectos de la conducta humana y social, en donde las matemáticas de las ciencias clásicas no son aplicables. Trabajos como conflictos, juegos, debates, presentan detallados análisis de fenómenos como la carrera armamentista, la guerra y los simulacros bélicos, la competencia en la economía y en otros campos, tratados todos mediante tales novedosos métodos comparativos”.

* Ingeniero de Sistemas de la Universidad Industrial de Santander, Master en Economía y Baccellorum en Filosofía de la Pontificia Universidad Javeriana, docente de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

Es de particular interés el hecho de que estos intentos se relacionan con aspectos de la conducta humana que se consideran ajenos a la ciencia: valores, decisiones racionales, información, etc. Los métodos de análisis allí utilizados no son de naturaleza física o reduccionista; no aplican las leyes físicas ni utilizan las matemáticas tradicionales de las ciencias naturales, más bien dan origen a nuevas orientaciones en las matemáticas que intentan comprender fenómenos que se encuentran en el mundo físico. [Bertalaffy, 1962: 200-201]

2. Las características de los modelos en teoría de sistemas

Los modelos generados por la teoría de sistemas pueden tener múltiples equilibrios y exhibir características tales como dependencia a la trayectoria, auto-organización, caos, irreversibilidad en el tiempo y evolución, las cuales incrementan los niveles de complejidad y de entropía. No obstante, sus relaciones no lineales pueden causar en sus estructuras activas un cambio en las trayectorias de simulación. Así las cosas, los modelos pueden ser considerados de desarrollo o evolucionarios debido a que la noción de valor real del modelo es el modelado de procesos, más bien de una manera particular. [Forrester, 1985] En otras palabras, el modelador crea un proceso iterativo de la forma en que se realiza cada una de las percepciones explícitas y entonces prueba —vía simulación— si son adecuadas, utilizando para ello entre otras cosas su intuición. Como resultado, el modelador no considera el modelo como una entidad completa, sino sólo después de un largo tiempo de desarrollo. No obstante, él nota que la perspicacia y las ideas que se generan de su participación en el proceso, cambiarán la estructura del modelo acomodándose a ella. [Andrade, 1996]

El concepto de retroalimentación, de otra parte, es fundamental para la teoría de sistemas, pues los agentes económicos pueden tomar decisiones para el futuro, de acuerdo con el estado actual del sistema. La dinámica de un sistema surge de la interacción de múltiples ciclos de retroalimentación en su estructura. Estos ciclos pueden ser reforzadores o de control; reforzadores en el caso de crecimiento de una población o de control, como en los procesos de regulación de inventarios por control en el nivel de producción o en modelos económicos en el caso del equilibrio entre la oferta y la demanda. La estructura de retroalimentación de cualquier sistema representa tanto la estructura física del sistema como los flujos de información que caracterizan el estado del sistema y las reglas de decisión de los agentes del sistema. La estructura de cualquier sistema está representada por redes de niveles y flujos. Los niveles caracterizan los estados del sistema, mientras que los flujos representan las tasas de cambio de los niveles. Sturis y otros, por ejemplo, han creado un modelo de la interacción glucosa-insulina que incluye niveles de glucosa, insulina, y glucagón y flujos que representan la síntesis, el transporte y el metabolismo de esos componentes. El sistema de niveles acumulativos permite integrar las tasas de flujos y determina el estado del mismo en cualquier instante del tiempo. Como resultado, cada nivel representa la historia acumulativa de los flujos y sirve como fuente de inercia y como parte de su memoria. [Sturis *et al.*, 1995]

Los modelos son básicamente modelos desequilibrados. Esto no es asumido, por ejemplo, en los sistemas económicos que se consideran siempre en equilibrio o que se encuentran en movimiento de un estado de equilibrio a otro. Para modelar dinámicas, incluyendo la evolución y el desarrollo propiamente, no debería asumirse la estabilidad del sistema. Por lo tanto,

el proceso de decisión de los agentes en el sistema debería ser objeto del proceso de modelación, incluyendo la manera como los agentes perciben y reaccionan tanto a los desbalances, como a los retardos en la información y el material, a las obligaciones, a informaciones inadecuadas y a los efectos colaterales que se puedan producir. [Andrade, 1996]

Las reglas de decisión en los sistemas gobiernan las tasas de cambio que alternan los estados del sistema. Las reglas de decisión en modelos de comportamiento humano descansan sobre la teoría de las fronteras racionales. La esencia de la teoría está condensada en el principio de Herbert Simon de fronteras racionales según la cual la capacidad de la mente humana para formular y resolver problemas es muy pequeña comparada con el tamaño del problema cuya solución es requerida objetivamente. El uso de las fronteras racionales en la toma de decisiones significa que los agentes en cada punto de decisión en el sistema se basan en la heurística para seleccionar de la cantidad de información disponible, apuntada, procesada y combinada con tales apuntadores, la que sea relevante para las mejores decisiones. Dichas decisiones alteran los flujos del modelo y estos a su vez modifican los niveles y proporcionan información aumentada, cerrando así varios ciclos de retroalimentación. El proceso percibe entonces la decisión tomada y reacciona a la nueva información. De esta manera la decisión está basada siempre en factores cognoscitivos racionales. [Ibid]

Un buen modelo, por ejemplo en el campo económico, debe ser explicatorio para simular la raíz de la misma aproximación al objeto en estudio y el comportamiento acertado del sistema; la construcción de la decisión debe estar retratada en él y no debe conformarse con los axiomas de la racionalidad económica. Descubrir, representar y probar modelos de construcción de decisiones heurísticas es intrínsecamente una tarea empírica; un buen modelado de un sistema involucra una observación directa del sistema en estudio utilizando para ello las herramientas estadísticas de estimación tradicionales. [Sotaquirá *et al.*, 1994]

3. Los métodos sistémicos de planificación

El concepto de sistema definido como un "conjunto de partes interdependientes", fue expresado en los años treinta por el biólogo Ludwig von Bertalanffy quien formulara la teoría de los sistemas abiertos. [Bertalanffy, 1956] En esencia ellos describen un proceso mediante el cual existe un continuo intercambio entre los organismos vivos y el medio ambiente. A diferencia de los sistemas cerrados, que alcanzan su estado de equilibrio a través de un proceso de máxima entropía y mínima utilización de energía libre, los abiertos alcanzan este estado mediante un continuo flujo, conduciendo a una entropía negativa que lleva a establecer cierto equilibrio y crecimiento.

La filosofía sistémica intenta conceptualizar con respecto a la relación y a la interdependencia entre distintas teorías formuladas en el marco de diversas esferas de la investigación científica. Laszlo propuso cuatro ideas centrales de la filosofía sistémica como son las ideas de *unidad organizada*, *auto-estabilización*, *auto-organización* y *jerarquización*. [Laszlo, 1972]

La idea de *unidad organizada* hace referencia a la característica de los sistemas más no a sus componentes aislados. La unidad se entiende como el resultado de una interacción dinámica de sus distintos componentes y no como una suma mecánica de los mismos. De acuerdo con la idea de *auto-estabilización* el sistema alcanza un balance dinámico entre fuerzas que

operan interna y externamente. La idea de *auto-organización* del sistema representa en sí una forma más compleja de adaptación al medio que la anterior; los sistemas auto-organizados evolucionan hacia sistemas más complejos y resistentes al medio. Por último, la idea de *jerarquización* aparece cuando el sistema que funciona como un todo organizado, auto-estable y capaz de auto-organizarse, funciona, además, como subsistema de otro nivel de mayor complejidad.

A continuación se describen algunos de los métodos sistémicos de planificación más utilizados en ciencias sociales. El primero de ellos es el método *Delphi* que consiste en el establecimiento de conceptos de expertos sobre fenómenos que son difíciles de medir objetivamente o calificar en forma tradicional. Más comúnmente se utiliza como método para hacer pronósticos. Representa en sí un procedimiento sistémico que considera los aspectos interdisciplinarios de los problemas de la planificación. El grupo de expertos se compone de personas cuyas ocupaciones representan un amplio espectro de formas de abordar el fenómeno objeto de estudio. Cada perspectiva indudablemente agrega algo nuevo al entendimiento del problema. Si el método *Delphi* se utiliza para calificar las exigencias de un amplio o modificado programa de ayuda social, entonces él será útil para obtener distintas perspectivas del problema de la lucha contra la pobreza, incluyendo el concepto de la opinión pública, de psicólogas sociales, economistas, médicos, políticos y desde luego de las personas necesitadas.

El segundo de los métodos es el de *Suposición, Estrategia y Prueba*. Este se basa en el concepto de que las discusiones sobre la planificación dependen, en general, de las propuestas contradictorias sobre los parámetros del problema y sobre los objetivos y macroobjetivos de los actores del proceso de planificación. Si los especialistas en planificación llegan a un acuerdo sobre una serie de propuestas, entonces lo más probable es que llegarán a un consenso sobre el plan de actividades para la consecución de los objetivos. El método opera con una serie de pasos relativamente sencillos y se utiliza para la solución de problemas de planificación tanto en el sector privado como en el oficial. Es claro que la metodología está bien adecuada al análisis de problemas débilmente estructurados, en los cuales la elaboración de una estrategia se basa en propuestas agudamente conflictivas. Es obvio también, que el éxito o el fracaso depende en mucho de las capacidades y habilidades del árbitro - intermediador. Este método exige un árbitro que maneje el arte del diálogo interdisciplinario y sea experimentado además en la teoría de la dinámica de grupos. La imaginación y la creatividad son condiciones que se deben tener en cuenta para encontrar proposiciones que sean sensibles o potencialmente dañinas para la cohesión del grupo. No existen desde luego garantías de que el diálogo se establezca sin contradicciones debido a proposiciones triviales de carácter extremo. Por ello es poco probable que una organización pueda emplear este método sin ayuda de un árbitro debidamente preparado; estas condiciones hacen del método un instrumento de análisis poco apto para organizaciones pequeñas.

El tercero de los métodos es el de *Agrupación simétrica*. El método consiste en la integración de valores sociales de los ciudadanos y conocimientos científicos de expertos que se expresa en forma sistémica. El método debe identificar los valores sociales más importantes, establecer su relativa importancia y reencontrar la definición de los hechos científicos con respecto a estos valores. En otras palabras, es encontrar la definición científica de los comportamientos sociales en estudio. Este método coadyuva a encontrar opiniones sobre valores que tienen que ver con escenarios finales, deseables para las personas interesadas u objetivos a los

cuales sirven las políticas propuestas. Estos valores se agrupan y se consideran en un modelo matemático que incluye una información relevante con respecto a los expertos. Los valores sociales se describen en modelos cuantitativos que contienen las relaciones entre factores incluidos en el problema de la planificación, así como conceptos de las personas interesadas y que tienen que ver con la importancia relativa o deseabilidad de estos factores. Como ejemplo de aplicación de este método se pueden mencionar los trabajos de Hammond [1995] y Mumpower [1986], quienes han señalado que los valores y los intereses de los ciudadanos poseedores de acciones no se estudian sistemáticamente en la formulación de políticas sociales. Aunque la política social que está relacionada con la actividad social se considera un producto que se formula teniendo en cuenta los valores sociales y los hechos científicos, los medios con ayuda de los cuales este producto se obtiene no han sido debidamente estudiados. Sin embargo, su estudio es necesario toda vez que no existe un mecanismo racional por medio del cual se puedan interpretar los valores sociales basándose en los hechos.

Con este método se puede, sin embargo, crear una ilusión de consenso cuando verdaderamente éste no existe. La importancia del método radica en que los conceptos de ciudadanos no son sustituidos por los de los expertos en planificación; sin embargo, ¿a cuántos ciudadanos es necesario consultar, para que sea posible establecer un grado de confiabilidad dado?

El cuarto de los métodos es el de *Teoría de la Utilidad Múltiple*; ella intenta dar una caracterización de las posibles alternativas del plan en términos de rasgos objetivos y subjetivos y determinar cuantitativamente la utilidad marginal (que según los supuestos teóricos es conocida) de estos rasgos. Esta teoría estudia cuestiones relacionadas con la relevancia de los rasgos, las posibilidades de elección, la medida de valores que se asignan a estos rasgos por los actores y personas interesadas y la medida de magnitudes para el establecimiento de prioridades y elecciones de política. Su fortaleza radica en que se puede utilizar para pronosticar la influencia final de posibles alternativas. Existen distintas variantes de medición con ayuda de la *Teoría de la Utilidad Múltiple* que se diferencian dependiendo del aparato formal matemático utilizado. Las etapas-objetivo de este método comprenden en primer lugar la determinación de los actores y personas interesadas, cuyos conceptos se requiere analizar en la elección de distintas políticas alternativas. Si en las conclusiones finales del proceso de planificación existen organizaciones civiles o grupos de ciudadanos interesados, entonces es conveniente establecer su origen y entablar con ellos una comunicación (colaboración). En segundo lugar, se deben establecer aquellas preguntas específicas con respecto de las cuales existen divergencias. Las preguntas se agrupan en un contexto determinado y se expresa el objetivo respecto del cual se ha dado la calificación.

La teoría tiene como debilidad la carencia de un método de estructuración de problemas. Este método elaborado por Raiffay y modificado por otros investigadores representa una clasificación de conflictos; se unifican juicios o criterios personales sobre la utilidad o valores que se asignan a resultados de acciones alternativas considerando gran cantidad de rasgos.

El método quizá más utilizado en modelamiento de sistemas sociales es el *Análisis de Jerarquías* (Analytic Hierarchy Process - MAI). [Hernández, 1997] El MAI es un procedimiento de análisis sistémico, elaborado por T. L. Saaty que sirve para la presentación jerárquica de los elementos esenciales que constituyen un problema. [Saaty, 1970] El método consiste en la descomposición de un problema en sus elementos más sencillos y en la continua elabo-

ración de conceptos a través de comparaciones pares. Se busca obtener resultados que puedan expresar el grado relativo (intensidad) de la interrelación de los elementos en una jerarquía. Estos conceptos se expresan posteriormente en forma numérica. El método incluye además un procedimiento de síntesis de un conjunto de conceptos, de obtención de criterios prioritarios y de soluciones alternas. [Patiño y García, 1996]

La solución del problema consiste en un proceso mediante el cual durante varias etapas se establecen prioridades. En la primera etapa se determinan los elementos más importantes del problema; en la segunda etapa se trata de establecer el mejor procedimiento de verificación de observación, ensayo y calificación de los elementos. La tercera etapa consiste en la elaboración de un método de toma de decisiones y de calificación de la calidad del mismo. Todo el proceso se somete a corrección hasta que exista plena seguridad que se han cumplido todas las etapas.

En su primera fase, la estructuración de los problemas se realiza en forma de jerarquías o redes. En su forma más elemental la jerarquía se construye desde la cima (objetivo general) a través de distintos niveles (criterios), hasta un nivel inferior, que por lo general consiste en comparar distintas alternativas. La jerarquía se considera completa si el elemento de un nivel dado funciona como criterio para todos los elementos de los niveles inferiores.

Después de la representación jerárquica del problema surge la pregunta acerca de cómo establecer la prioridad de los criterios y calificar cada una de las alternativas según los criterios específicos o encontrar el más importante de ellos.

Mediante las comparaciones pares se establece un parangón entre los elementos del problema con respecto a su influencia en una característica (objetivo, criterio, etc.). Esta forma de comparación conduce al establecimiento de una matriz cuadrada; además, si existe una escala de comparaciones, en esencia se posee un instrumento de medición de las distintas valoraciones, tal como se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Escala de intensidad relativa de influencia recíproca de los elementos de un problema.

Magnitud	Definición	Explicación
1	De igual importancia	Igual contribución de los dos elementos al objetivo general
3	Superioridad moderada de uno sobre otro	Experiencia de una ligera superioridad de uno con respecto al otro
5	Fuerte superioridad	La experiencia habla de ello
7	Importancia significativa	A un tipo de actividad se le da tal importancia que se vuelve significativo
9	Superioridad indiscutible	Se admite sin discusión
2,4,6,8	Decisiones intermedias entre los dos	Se utiliza en casos de convenio o compromiso
Valores inversos de los anteriores	Si al comparar el criterio A con el criterio B se obtiene una magnitud 3, el valor del criterio B contra el criterio A será de 1/3	

La experiencia ha demostrado que por lo general se hace un mismo tipo de preguntas cuando dos objetos se comparan entre sí: al comparar A y B, se pregunta ¿Cuál de ellos es más importante y cuál tiene mayor influencia?, ¿cuál de ellos es preferible? y ¿cuál es el más probable? Se forma de esta manera una matriz cuadrada teniendo el objetivo y los criterios comparados tanto en las filas como en las columnas. La siguiente matriz ilustra el caso de un problema con cuatro elementos.

$$(1) \quad \begin{array}{c|cccc} & A_1 & A_2 & A_3 & A_4 \\ \hline A_1 & \frac{W_1}{W_1} & \frac{W_1}{W_2} & \frac{W_1}{W_3} & \frac{W_1}{W_4} \\ A_2 & \frac{W_2}{W_1} & \frac{W_2}{W_2} & \frac{W_2}{W_3} & \frac{W_2}{W_4} \\ A_3 & \frac{W_3}{W_1} & \frac{W_3}{W_2} & \frac{W_3}{W_3} & \frac{W_3}{W_4} \\ A_4 & \frac{W_4}{W_1} & \frac{W_4}{W_2} & \frac{W_4}{W_3} & \frac{W_4}{W_4} \end{array}$$

En esta etapa los expertos hipotéticos han construido la matriz y han expresado sus distintas valoraciones subjetivas. En adelante se intenta explicar el significado de estas valoraciones y cómo ellas pueden ayudar a elegir entre un conjunto de alternativas. De las matrices de comparaciones pares se toma un conjunto de prioridades locales, que expresan la influencia relativa de un conjunto de elementos sobre el elemento que se adhiere al siguiente nivel. Se determinan la intensidad relativa, la magnitud, el valor, la deseabilidad o probabilidad de cada objeto por separado con ayuda de la solución algebraica de las matrices propuestas. Para ello es necesario obtener un conjunto de vectores para cada matriz y posteriormente normalizar el resultado. En primera instancia se multiplican los elementos de cada fila y se obtiene una raíz de grado n (número de elementos en la fila). La columna de coeficientes que se obtiene por cada fila se divide por separado por la sumatoria de dichos coeficientes, obteniendo una especie de promedio aritmético. En el caso de la matriz anterior a continuación se presentan los componentes del vector propio de cada una de las filas.

Componente del vector propio de la primera fila:

$$(2) \quad \sqrt[4]{\frac{W_1}{W_1} x \frac{W_1}{W_2} x \frac{W_1}{W_3} x \frac{W_1}{W_4}} = a$$

Componente del vector propio de la segunda fila:

$$(3) \quad \sqrt[4]{\frac{W_2}{W_1} x \frac{W_2}{W_2} x \frac{W_2}{W_3} x \frac{W_2}{W_4}} = b$$

Componente del vector propio de la tercera fila:

$$(4) \quad \sqrt[4]{\frac{W_3}{W_1} x \frac{W_3}{W_2} x \frac{W_3}{W_3} x \frac{W_3}{W_4}} = c$$

Componente del vector propio de la cuarta fila:

$$(5) \quad \sqrt[4]{\frac{W_4}{W_1} x \frac{W_4}{W_2} x \frac{W_4}{W_3} x \frac{W_4}{W_4}} = d$$

El siguiente paso consiste en normalizar el resultado para obtener la calificación del vector de prioridades:

$$(6a) \quad \frac{a}{a+b+c+d} = X_1$$

$$(6b) \quad \frac{b}{a+b+c+d} = X_2$$

$$(6c) \quad \frac{c}{a+b+c+d} = X_3$$

$$(6d) \quad \frac{d}{a+b+c+d} = X_4$$

Cuando la matriz tiene esta forma, en realidad X_1, X_2, X_3, X_4 , no son más que W_1, W_2, W_3 y W_4 . De la relación $\frac{w_j}{w_i}$ se determina cada componente. Es necesario añadir que en la matriz de conceptos (opiniones) no hay relaciones de tipo $\frac{w_j}{w_i}$ solamente se tienen números enteros o magnitudes inversas de la escala. En este caso se afirma que la matriz no está concertada, es decir, que los valores de la matriz no han sido ponderados con respecto a todos los componentes de la misma. Para realizar dicha ponderación los valores de la matriz se multiplican por el vector de valores normalizados X para obtener el vector de prioridades Y. (Ecuación 7)

$$(7) \quad \begin{bmatrix} \frac{W_1}{W_1} & \frac{W_1}{W_2} & \frac{W_1}{W_3} & \frac{W_1}{W_4} \\ \frac{W_2}{W_1} & \frac{W_2}{W_2} & \frac{W_2}{W_3} & \frac{W_2}{W_4} \\ \frac{W_3}{W_1} & \frac{W_3}{W_2} & \frac{W_3}{W_3} & \frac{W_3}{W_4} \\ \frac{W_4}{W_1} & \frac{W_4}{W_2} & \frac{W_4}{W_3} & \frac{W_4}{W_4} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ Y_4 \end{bmatrix}$$

Una vez concertado el vector de prioridades el problema se limita a calcular un índice (índice de concertación), el cual permite determinar si las valoraciones que los expertos han dado a los criterios están concertadas o relacionadas. El problema algebraico de concertación consiste en la solución de una ecuación del tipo

$$(8) \quad Aw = n w, \text{ con } A = \begin{bmatrix} W_i \\ \vdots \\ W_j \end{bmatrix}$$

El índice de concertación se obtiene como

$$(9) \quad I_{\text{con}} = (\lambda_{\text{max}} - n) / (n - 1)$$

donde λ_{max} es la suma de los valores resultantes de multiplicar cada uno de los valores del vector de prioridades con la suma de la columna respectiva de la matriz de juicios y n representa el número de elementos comparados. Para una matriz inversamente simétrica siempre se cumple la condición $\lambda_{\text{max}} \geq n$. Acto seguido se compara esta magnitud con aquella que se obtiene de la Tabla 2. En ella se presentan "medias" de concertación para matrices de distinto orden. Así por ejemplo, la media aritmética de concertación para una matriz de orden 4 es de 0.90.

Tabla 2. Valores de referencia de concertación para matrices de distinto orden

Orden	Media de concertación
1	0.00
2	0.00
3	0.58
4	0.90
5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41
9	1.45
10	1.49

Al dividir el índice de concertación sobre el número que corresponde a la concertación casual de la matriz del mismo orden que fue obtenida en la fase de comparaciones pares, se obtiene un nuevo índice denominado relación de concertación; dicha relación de concertación deberá ser de un 10% o menos para ser permisible y en ningún caso superior al 20%. Si la relación de concertación se encuentra por fuera de estos límites entonces los expertos deben probar de nuevo los juicios establecidos.

En esta etapa del proceso se entra a considerar la importancia de los distintos criterios ya no con respecto al objetivo, sino con respecto al conjunto de alternativas planteadas. Todos los

pasos anteriores se repiten hasta encontrar los distintos índices de concertación y la relación de cada criterio con respecto al conjunto de alternativas. En la última fase se realiza una síntesis global de prioridades que necesariamente desemboca en la jerarquización de las distintas alternativas propuestas y de esta forma se determina cuál de los escenarios planteados por el problema es el más seguro o posible de ocurrir de acuerdo con las opiniones de los expertos.

4. Algunas aplicaciones en Colombia del análisis de jerarquías

En nuestros tiempos, la importancia de la teoría de sistemas radica en la utilidad de este método en la simulación y el modelamiento de sistemas sociales, especialmente en aquellas áreas del conocimiento en donde las variables son de carácter cualitativo y no cuantitativo. Actualmente el Grupo de Simulación y Modelamiento (*Simón*) de la Universidad Industrial de Santander (UIS) está aplicando la teoría de los sistemas como solución a múltiples problemas y en áreas tales como economía, medicina, agroindustria, metalurgia, ingeniería del software, ingeniería química y en el estudio de las organizaciones. [Andrade, 1996; Sotaquirá et al., 1994; Ulloa y Ulloa, 1994; Andrade et al., 1996; Villamizar y Nocua, 1994; Andrade y Parra, 1996; Sotaquirá et al., 1996; Andrade et al. (a), 1996] El *Grupo Simón* es una asociación integrada por estudiantes, egresados y profesores de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la UIS que desarrolla una labor de investigación adscrita a la línea de modelos y simulación de sistemas de los programas de Maestría en Informática y de pregrado en Ingeniería de Sistemas con el fin de construir un proyecto de cambio profesional pedagógico y social alrededor de la ingeniería de sistemas, guiado por una concepción sistémica útil en el desarrollo de proyectos de investigación interdisciplinarios. Lo más importante de las investigaciones realizadas por el *Grupo Simón* ha sido la utilización de la teoría de los sistemas en la solución de problemas de desarrollo regional en departamentos como Cauca y Santander. Este enfoque ha sido, por ejemplo, utilizado para determinar la influencia de la variable violencia en modelos de desarrollo regional.

Referencias

- Andrade, H.H., et al. *La dinámica de sistemas en el estudio de fenómenos económicos: Un caso de aplicación en producción regional*. Ponencia presentada al Congreso Nacional de Estudiantes de Economía. Tunja: 1996.
- Andrade, H.H. y Parra, C.A. *Propuesta de aplicación del pensamiento de sistemas en la educación media, con un soporte informático*. Ponencia presentada en el Tercer Congreso Iberoamericano de Informática Educativa. Barranquilla: 1996.
- Andrade, H.H., et al. *Microworlds: A system dynamics application in learning Keynesian macroeconomy*. International System Dynamics Conference. Proceedings. Boston: 1996.
- Andrade, H.H. et al. (a) *Re-building knowledge by assumption of complexity with system dynamics. A case example in polymerization process engineering*. International System Dynamics Conference. Proceedings. Boston: 1996.
- Bertalanffy, L. *The history and status of general system theory*. Middlesex: Penguin Books, 1956.
- Bertalanffy, L. *General System Theory. A critical Review*. En: Society for General System Research, 7, 1962, 200-201.
- Forrester, J. *The model vs. A modelling process*. En: Systems Dynamics Review, 1985, 1-136.
- Hammond, P. J. *Mathematics for economic analysis*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1995.
- Hernández, C. A. *Modelamiento del sector gasífero colombiano*. Tesis de Maestría en Economía. Pontificia Universidad Javeriana. Santa Fe de Bogotá: 1997.

- Laszlo, E. *System and structures. Toward bio-social anthropology. Unity through diversity*. New York: George Braziller, 1972.
- Mumpower, J. *Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Expert Judgement and Expert Systems*. Porto, Portugal, 25-29 August. NATO ASI Series. Series F: Computer and System Sciences. No. 35. 1986.
- Patiño, G.A. y García, R. *La planificación analítica y los métodos sistémicos de planificación*. En: Paisajes geográficos, 15(31), 1996, 19-32.
- Saaty, T. *Mathematical methods of operations research*. New York: Princeton University Press, 1970.
- Sotaquirá, R. et al. *Integración de metodologías de modelamiento para una aproximación sistémica a un problema en macroeconomía colombiana*. Ponencia presentada a la Primera Conferencia Colombiana sobre Modelamiento Sistémico. 1994
- Sotaquirá, R., et al. *Organizational design with system dynamics and radical change approach*. International System Dynamics Conference. Proceedings. Boston: 1996.
- Sturis, J. et al. *Phase-locking regions in a forced model of slow insulin and glucose concentrations*. En: Chaos, 5, 1995, 193-199.
- Ulloa, A. y Ulloa, S. *Dinámica de sistemas aplicada al análisis, modelamiento y simulación del proceso de polimerización en cadena*. Ponencia presentada en el Congreso Venezolano de Ingeniería de Sistemas. Mérida: 1994.
- Villamizar, J.C. y Nocua, E.A. *Sistema de información apoyado en un modelo de simulación, para la planeación y control de la producción industrial de trucha Arco Iris en cautiverio*. Ponencia presentada en el Congreso Venezolano de Ingeniería de Sistemas y Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería de Sistemas. Mérida: 1994.