Afirma que estos dos métodos podrían considerarse como dos técnicas complementarias en muchos aspectos. Así por ejemplo, la dinámica de sistemas posee una teoría de estructura causal la cual se relaciona con el comportamiento dinámico conformando una potente guia para la especificación del modelo; por otro lado, la econometría ofrece numerosas técnicas para la estimación de parámetros y para la comparación formal de los resultados del modelo con observaciones del mundo real.

El uso de los dos métodos juntos podría producir modelos que combinen la estructura realista con parámetros exactos, modelos que sean útiles particularmente para problemas de mediano plazo que no son fácilmente analizados por uno sólo de estos métodos? A la anterior pregunta, Meadows responde: Desafortunadamente ésta combinación lógica no ha sido frecuentemente usada; por el contrario, los miembros de las dos escuelas parecen verse como competidores, con cierta hostilidad, más que como colaboradores. Un profundo examen de los dos paradigmas de modelamiento, revela dos "visiones del mundo" muy diferentes como si ellos cortaran la realidad con dos planos perpendiculares que sólo se encuentran a lo largo de una línea estrecha. Cada paradigma visto desde la perspectiva del otro parece irreal y mal

conducente. Palabras claves como "validación", "sensibilidad" y "predicción" son usadas de maneras distintas ya que están basadas en diferentes suposiciones implícitas.

A pesar de lo anterior, la autora cree -y espera- que estos dos paradigmas no sean totalmente inconmensurables como Kuhn implica, aunque ciertamente hay serios problemas de cruce de paradigmas. Los lentes que usa el Econometrista para mirar el mundo son microscopios y los usados por los Dinamicistas de Sistemas son telescopios. Una técnica es más adecuada para la predicción precisa de corto plazo en situaciones que no difieren de lo histórico; la otra es generalmente aplicable para el análisis de largo plazo de posibles cambios en las tendencias históricas.

2.2.2 HOW DIFFERENCES IN ANALITIC PARADIGMS CAN LED TO DIFFERENCES IN POLICY CONCLUSIONS" David F. Andersen. // En: Elements of the system dynamics method / edited by Jorgen Randers. -- Cambridge, Massachusetts ; London, England : The MIT Press, 1980. -- p. 23-57.

Existen profundas implicaciones teóricas y prácticas debidas a las diferencias existentes en las conclusiones de política que resultan al utilizar diferentes

perspectivas matemáticas por parte del analista. Es responsabilidad de éste examinar continuamente su selección de la técnica a emplear así como también su especificación y ejecución del estudio bajo la perspectiva determinada. Por lo tanto hay una sutil interacción entre la selección de una metodología y la definición del problema.

Para entender la influencia de paradigmas alternativos David Andersen propone un marco conceptual, el cual es presentado en la Figura 2.1 y comentado a continuación.

Las preferencias metodológicas del analista influencian el modo en que las dificultades llegan a ser definidas como problemas. La metodología seleccionada para un estudio influencia el proceso completo y puede conducir a diferentes conclusiones de política.

La definición del problema no es simple y directa. Los problemas son definidos en un proceso circular para ajustar a los métodos disponibles. Una vez el problema ha sido definido y la metodología seleccionada, el consiguiente análisis genera entendimiento del área del problema y sustantivas conclusiones de política.

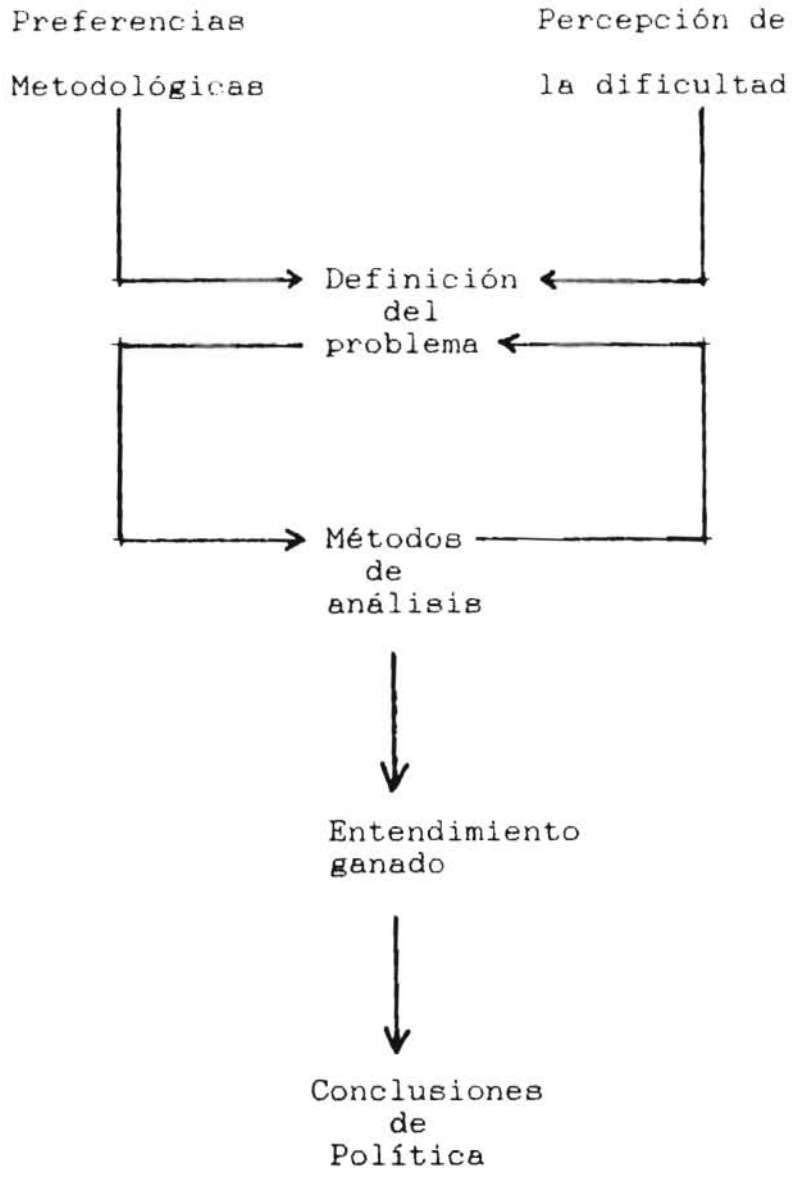

FIGURA 2.1 Marco de trabajo conceptual para entender la influencia de paradigmas alternativos

La acomodación de un problema para ajustarse a cierta metodología produce sesgos metodológicos genéricos. Las restricciones a priori propias del paradigma inducen al investigador a definir los problemas precisamente, de tal manera que su análisis sea tratable en el marco de trabajo de la metodología seleccionada. Diferentes conclusiones de política pueden ser hechas en estudios separados del mismo sistema. De aquí la continua necesidad de evaluar el marco de referencia analítico así como las detalladas especificaciones y suposiciones correspondientes a un estudio dado.

Dos tipos de Suposiciones -Metasuposiciones y Suposiciones de especificación- están siempre asociados con el análisis de política cuantitativa.

Las metasuposiciones vienen dadas por los sesgos o preferencias metodológicas y están implícitos en la forma genérica asociada con una metodología dada; el analista no es libre de cambiarlos. Alguna forma funcional altamente abstracta puede expresar la forma genérica de la metodología. Por ejemplo el problema de regresión genérica de mínimos cuadrados sería formulado como Minimizar la expresión $\Sigma(y-y)2$ con $y = f(x,\theta)$ donde se busca el vector de parámetros para todo θ, que minimiza

los residuales cuadrados entre los valores pronosticados por el modelo y los observados.

Las suposiciones de especificación son las evocadas en una especificación particular de una forma genérica dada y son explícitamente establecidas; son fácilmente reformuladas y están consecuentemente sujetas a manipulación y ajuste por parte del modelador; están usualmente sujetas a chequeo de sensibilidad y cerrado escrutinio público. Tal es el caso de la selección de niveles, la identificación de caminos causales y la formulación y parametrización de las ecuaciones de tasa, en un modelo de dinámica de sistemas.

Las suposiciones de especificación deben ser moldeadas como mejor "ajusten" al problema. Además, el problema debe ser adaptado y modificado para poderse analizar en el paradigma definido por un conjunto de metasuposiciones. La acomodación mutua entre la definición del problema y los sesgos metodológicos parece ser una característica.inevitable del análisis social cuantitativo.

El artículo concluye aseverando que un tipo de incertidumbre empírica rodea el análisis cuantitativo de

política social; cada estudio debe ser visto como otra etapa en una búsqueda dialéctica. El analista debe ser consciente de que sus conclusiones dependen de las metasuposiciones subyacentes bajo su estudio y de la probabilidad de que sus recomendaciones pueden ser refutadas por un trabajo posterior basado en un diferente conjunto de a prioris metodológicos o metasuposiciones.

2.2.3 METHODS FOR ENHANCING REFUTABILITY IN SYSTEM DYNAMICS MODELING / James A. Bell and Peter M. Senge. // En: Studies in the management sciences, v.14, 1980. -- p. 61-72

La visión del método científico formalizada por Karl Popper constituye el marco filosófico seleccionado para examinar y explicar las bases para el desarrollo de teorías científicas vía el acercamiento de dinámica de sistemas. Aunque este método -como fué desarrollado por Popper- no está directamente relacionado con el desarrollo de teorías para tratar con problemas prácticos, los criterios refutacionistas para corroboración de teorías son igualmente útiles para una disciplina científica aplicada tal como un modelamiento de simulación.

Según esta visión del "refutacionismo" la ciencia progresa principalmente exponiendo las teorías al posible error empírico. Para alcanzar teorías altamente corroboradas debe maximizarse la variedad y riesgo de las pruebas, ya que, a mayor refutabilidad mayor será la corroboración cuando las pruebas sean pasadas. Estas pruebas son los "puntos de contacto" entre la teoría y la realidad.

El refutacionismo insiste en el "principio de causalidad" mediante la búsqueda de leyes universales y de un sistema teórico coherente que intente explicar causalmente todo tipo de acontecimiento que pueda describirse.

- Las explicaciones causales siempre pueden ser interpretadas como incluyendo sentencias universales, las cuales pueden ofrecer múltiples puntos de contacto con la realidad y por lo tanto -en contraste con las sentencias individuales- pueden ser refutadas por un amplio rango de hechos empíricos.

- Son importantes para ajustar las teorías que fallan frente a las pruebas de corroboración. Se requiere una explicación causal de porqué una teoría está en error y ésta debe ser superada por explicaciones causales

mejoradas. Tal práctica puede llevar a teorías ajustadas que sean más refutables que sus predecesoras.

- Permite la inclusión de "relaciones inobservables" en el comportamiento agregado del sistema. Por ejemplo, la explicación causal de Newton del movimiento planetario descansa sobre dos sentencias universales que no son observables en la vida diaria: Los principios inercial y gravitacional; cada uno tomado individualmente, contradice el movimiento planetario observado. Tales hipótesis inobservables pueden ser importantes para incrementar la variedad de puntos en los que la teoría puede ser probada, por lo cual incrementan su refutabilidad.

Las explicaciones causales dadas por sentencias universales frecuentemente no son obvias a partir de los datos; la prueba de relaciones individuales en una teoría causal puede ser más sutil (ingeniosa) que la simple comparación de las relaciones con los datos disponibles.

La relación de correlación entre dos sentencias singulares se aplica sólo a eventos empíricos y no provee una base sólida para teorías altamente corroboradas; nada implica acerca de casos futuros cuando las dos sentencias

se cumplan, ni fuera del rango espacio-temporal de variación. Las relaciones estadísticas sólo pueden ser útiles en la sugerencia de áreas para la búsqueda de relaciones causales. Las pruebas estadísticas pueden sugerir posibles fallas en las teorías aunque no son suficientes para refutarlas, pueden incorporar ajustes ad-hoc de las teorías.

La dinámica de sistemas incluye métodos específicos que pueden ayudar a desarrollar teorías altamente corroboradas. Estos métodos incrementan los puntos de contacto entre los modelos y la realidad en todas las etapas del modelamiento.

- Enfoque sobre modelos genéricos. Estos modelos intentan proveer una teoría general de comportamiento para un grupo de sistemas considerado como una clase.

- Representar las causas del comportamiento dinámico. El principio de acumulación afirma que todo comportamiento dinámico se origina en la acumulación implícita de flujos en las variables de nivel.

- Permitir hipótesis inobservables como funciones de tabla. Dichas funciones de tabla describen el efecto de

una variable sobre otra suponiendo constantes todos los demás factores que afectan a la segunda, ésto permite aislar sus influencias en situaciones complejas. Esta opción permite máxima flexibilidad para especificar relaciones causales individuales en sistemas complejos.

- Probar la estructura y el comportamiento bajo condiciones extremas. Frecuentemente la refutación de esta prueba evidencia defectos del modelo relievantes también bajo condiciones no extremas. La práctica estadística, por el contrario, exige no utilizar las relaciones del modelo más allá de la base de datos a partir de la cual fué derivado, lo cual compromete su refutabilidad.

- Explicaciones endógenas. La insistencia de la dinámica de sistemas sobre explicaciones endógenas es paralela a la del método refutacionista sobre explicaciones causales.

- Entendimiento como una base para revisar la estructura del modelo. Nunca deberían revisarse las suposiciones del modelo sin una clara explicación de la causa por la cual resultaron inaceptables. Este principio es paralelo al refutacionista de que todos los errores en las teorías

deben ser explicados. Tal explicación es importante como una prueba contra el ajuste teórico ad-hoc.

Los principios de acumulación y de explicación endógena facilitan las explicaciones causales del comportamiento dinámico, lo cual es importante no sólo para detectar errores sino también para describir como puede ser mejorado el modelo.

2.2.4 INTRODUCCION A LA DINAMICA DE SISTEMAS / Javier Aracil. 3. ed. -- [Barcelona] : Alianza Universidad Textos, 1986. -- 308 p.

Este libro se encuentra en un punto intermedio entre la simple divulgación y el tratado sistemático sobre la materia. Presenta la dinámica de sistemas como una metodología para la construcción de modelos de sistemas socio-económicos ligada a la teoría general de sistemas.

Pese a los notables éxitos que se han alcanzado con su concurso y su corto período de tiempo comparado con el requerido normalmente para que una metodología de esta naturaleza alcance el desarrollo que le garantice una total aceptación por el mundo científico, no puede pretenderse que la dinámica de sistemas se fosilice en su

estado actual de desarrollo y que no se introduzcan innovaciones metodológicas.

Para la anterior afirmación, Aracil se apoya en el mismo Forrester quien afirma que "La Dinámica de Sistemas se encuentra aún en los tempranos estadios de desarrollo comparado con su potencial futuro".

El capítulo 5. métodos analíticos en dinámica de sistemas, presenta algunas técnicas analíticas de linealización, Análisis de sensibilidad y estimación de parámetros como sustitutos alternativos a la ortodoxia Forresteriana. Estas técnicas son de gran interés aunque sólo sea a título complementario; su prudente adopción constituye una de las vías más notables de avance metodologico.

En la estricta ortodoxia de Forrester y sus colaboradores más directos, los métodos analíticos deben eludirse. La linealización no tiene sentido puesto que la esencia de los modelos de dinámica de sistemas es precisamente su carácter no lineal. El Análisis de Sensibilidad, recomiendan hacerlo por pasadas sucesivas del modelo variando de forma escalonada el valor del parámetro cuya sensibilidad se trata de medir. Los parámetros o

constantes que aparecen en los modelos tienen un significado perfectamente definido, por lo cual, la asignación de sus valores puede (y debe) hacerse atendiendo a la información que se tenga disponible, es decir, no es necesario realizar un ajuste de parámetros con el modelo ya construido usando técnicas como las estadísticas.

El capitulo 8. Innovaciones metodológicas, considera que la dinámica de sistemas constituye un excelente método para la construcción de modelos pero que necesita del desarrollo de técnicas auxiliares que permitan analizarlos para extraer todas las consecuencias e implicaciones que se desprenden de ellos.

Resultan especialmente relievantes los resultados recientemente desarrollados en torno a la teoría cualitativa de las ecuaciones diferenciales, especialmente los relacionados con la teoría de bifurcaciones y la teoría de catástrofes, así como los trabajos de Prigogine y su escuela de Bruselas sobre la formación de estructuras espacio-temporales.

Respecto del análisis cualitativo de modelos de dinámica de sistemas, Aracil asevera que para la conceptualización

del modelo se parte del conocimiento de un grupo de expertos sobre el sistema real. El tipo de conocimiento integrado en el modelo contiene elementos imprecisos cuyo tratamiento, por parte del modelador, requiere el concurso de técnicas adecuadas tanto para la extracción del conocimiento como para su Análisis.

Según el grado de correspondencia formal entre las hipótesis sobre las que se construye un modelo y la realidad modelada, estos modelos pueden ser clasificados en tres clases, a saber:

- Modelos de sentido común: Las hipótesis provienen de la intuición del modelador y su conocimiento general acerca del sistema.

- Modelos basados en la opinión de expertos: Las hipótesis representan, en la mayor medida posible, el consenso de los expertos sobre el problema que se trata de modelar.

- Modelos de parámetros estimados: Además de Incluir la opinión de expertos, emplean técnicas formales para ajustar el modelo a los datos reales disponibles.

La anterior clasificación de los modelos se corresponde con el nivel de información del que se disponga para su construcción. Esta información puede pertenecer a tres niveles respectivamente, la percepción intuitiva, la opinión de expertos y las observaciones (medidas) sobre el sistema real.

Meadows ha propuesto 16 criterios para valorar la utilidad de un modelo según el objetivo perseguido. Aracil (p. 183-184) sugiere que a cada uno de estos criterios se le pueda asignar una ponderación -posiblemente por medio de una encuesta a especialistas-, sumando las cuales puede obtenerse una valoración cuantitativa del modelo. Si se trata de comparar modelos distintos, puede construirse una matriz en la que se comparen las puntuaciones obtenidas por cada uno de los criterios con respecto a los diferentes modelos.

Las variables no cuantificables, variables sicológicas tales como preferencias, valores y aspiraciones, presentes en casi todas las decisiones humanas, pueden ser incorporadas al modelo aunque sólo sea especulativamente y aunque se presenten dificultades. El paradigama de sistemas de explicaciones globales induce a tener en cuenta todos los elementos del fenómeno; es

recomendable intentar incluir factores difíciles de cuantificar.

Los valores para dichas variables pueden ser muy discutibles pero, si la estructura es correcta y el modelo es insensible a los valores de los parámetros, los resultados pueden ser aceptables; estos modelos sólo traducen la opinión subjetiva de los expertos y no debe temerse incluirlas si se toman todas las precauciones oportunas.

Para reducir la complejidad de un modelo puede restringirse el número de detalles pero no se recomienda disminuir su alcance; es preferible iniciar usando grandes agregaciones y poco detalle, e ir descomponiendo posteriormente. A más amplia la realidad a modelar, en espacio y tiempo, será necesario mayor nivel de agregación.

2.3 ALGUNAS APLICACIONES DE LA DINAMICA DE SISTEMAS

2.3.1 DINAMICA INDUSTRIAL / Jay W. Forrester. -- 2. ed. Buenos Aires : El Ateneo, 1981, c1961, c1972. 442 p.

Este libro presenta la Dinámica Industrial como una nueva disciplina adecuada para el estudio de modelos dinámicos. La Dinámica Industrial es un método de Análisis para la gerencia; trata sobre las interacciones de las componentes del sistema a través del tiempo. Es una nueva metodología para resolver problemas de simulación, la cual intenta mostrar como las políticas, las decisiones, la estructura y las demoras se relacionan para influir en la estabilidad y el desarrollo de la Organización.

Las bases fundamentales de la Dinámica Industrial subyacen en la teoría de servomecanismos, la mejor comprensión del proceso de toma de decisiones, el enfoque experimental para analizar sistemas complejos y la potencia de la computación para la simulación de sistemas.

Forrester desarrolla inicialmente un ejemplo simple de un sistema de distribución aplicado a la industria norteamericana de electrodomésticos, luego complementa el

modelo adicionando otros sectores como el de publicidad y mercadeo.

Para la identificación del problema y los objetivos de la Organización considera como información necesaria acerca del sistema la estructura de la Organización, las demoras en las decisiones y ejecuciones, y las políticas de inventarios.

Los experimentos con el modelo se realizan mediante varios ingresos de prueba en las entradas al sistema para ver su respuesta ante cambios en las ventas minoristas. Estas respuestas muestran las amplificaciones de las fluctuaciones producidas por el sistema, las cuales son cada vez mayores a medida que se sube de nivel en la industria desde las ventas minoristas, pasando por el nivel distribuidor y los inventarios en los depósitos de fábrica, hasta las órdenes de producción.

Se muestran además varios escenarios posibles y sus resultados ante cambios de políticas administrativas relacionadas con el manejo de inventarios, la eliminación del nivel de distribución, las restricciones en la capacidad de planta y un manejo más ágil de los pedidos. Es importante resaltar que sólo los cambios en

las políticas de inventarios presentan una mejora significativa en cuanto a la estabilidad del sistema.

Finalmente se introduce el sector de Publicidad y mercadeo; se muestra como las políticas de publicidad pueden empeorar, más que mejorar, el comportamiento del sistema por introducir fluctuaciones cíclicas en todos los niveles de la industria.

2.3.2 URBAN DYNAMICS / Jay W. Forrester. -- [Cambridge, Massachusetts : MIT Press], 1969.

En este estudio se presenta la estructura de un modelo para el crecimiento en áreas urbanas donde interactúan, entre otros, los sectores de industria, vivienda y población. Se incorporan los efectos de política urbana sobre la evolución de la ciudad a partir de su estado de equilibrio y para los siguientes 50 años. Su objetivo es la formulación de políticas útiles para el establecimiento de mejoras sensibles y duraderas en la renovación urbana.

Se ilustra una buena aplicación de la dinámica de sistemas en la planificación urbana y regional para el mediano y el largo plazo; incorpora la opinión de