

# **LA DINAMICA DE SISTEMAS Y LOS MODELOS DE SIMULACION POR COMPUTADORA**

*por Héctor Zamorano*

Como se ha visto hasta aquí, la Sociocibernética ofrece un marco teórico riquísimo en posibilidades para el trabajo profesional de los sociólogos y demás analistas sociales. No obstante, resultaría sumamente importante poder demostrar de manera concreta que todos los desarrollos teóricos de ésta nueva disciplina pueden ser llevados a la práctica y puestos en acción en la tarea profesional. Con éste objeto se plantearán dos interrogantes que serán respondidos luego de algunas consideraciones:

## ***1.- Es posible desarrollar una tarea científica dentro del campo de las ciencias sociales?***

No son pocos los detractores de ésta posibilidad. Su argumentación pareciera tener sentido: en el ámbito de las ciencias sociales resultaría imposible realizar experimentaciones que permitan al investigador examinar el comportamiento del sistema social bajo análisis ante determinados estímulos. La explicación de tal afirmación se encuentra en el hecho de que, si sometemos a un determinado grupo, comunidad o sociedad a un estímulo que varíe algún aspecto de su relación interaccional o que cambie determinada característica de su relación con el contexto, resultaría imposible volver a percibir los mismos efectos si el experimento se realizara una segunda vez: el sistema cambiaría, ganaría experiencia, y por tanto su reacción sería diferente en la segunda oportunidad.

## ***2.- Es posible aplicar los conceptos de la sociocibernética al análisis de un sistema social existente?***

La cibernética del primer y segundo orden, la teoría general de sistemas, la consideración del sistema como un todo, el feedback, las relaciones de causalidad, la autopoiesis y la autoreferencia, la entropía y la negentropía, y todos los elementos y desarrollos conceptuales expuestos hasta aquí, resultarían inútiles para la sociocibernética si no pueden ser puestos en práctica, si no se encuentra la manera de que sean operacionales, si no logran transformarse en herramientas útiles.

***La Teoría de la Representación :***

***“Cómo conocemos es lo que existe”***

S. Woolgar (1991) plantea esta afirmación cuando trabajando sobre la teoría de la representación, por la que el conocimiento se logra mediante una representación de los objetos, hechos o eventos que quieren conocerse, sugiere la alternativa de que los objetos son en realidad constituídos por la representación que de ellos se tiene, invirtiendo así el sentido de la relación original

representación <----- objeto

por representación ----->objeto

Resulta importante la consideración de éste cambio, dado que, según ésta propuesta el objeto sería constituido por nuestras representaciones, con lo que podemos entonces concluir que un mismo objeto puede tomar diversas formas según la perspectiva representativa utilizada.

Esta proposición nos pone en la situación de ser muy cautos con la constitución de los objetos bajo análisis a efecto de que nuestra particular perspectiva no los deforme.

“Nuestra habilidad de hablar como si las cosas reales existieran con independencia del hecho de que las conozcamos constituye una función clave del lenguaje y la representación” (Woolgar 1991: 86)

### ***Modelos de la realidad:***

Al observar y analizar una determinada situación social, el observador constituirá el objeto observado mediante una representación. Tal representación no es otra cosa que un modelo de la realidad bajo análisis.

Un modelo es una representación formal que incluye aquellos elementos de la realidad que considera esenciales desde la perspectiva del observador y a los efectos de la observación.

Esto implica que habrá elementos considerados intrascendentes y que serán dejados de lado, centrando la atención en los aspectos reconocidos como fundamentales.

La utilización de modelos para captar la realidad y poder en consecuencia tomar una decisión no es algo extraño ni novedoso. En la vida cotidiana todas las personas utilizan modelos mentales para apoyar sus más elementales tomas de decisiones.

Puestos dos observadores a analizar un sistema, es muy probable que sus descripciones resulten al menos en parte diferentes. Tales divergencias se atribuyen a los diferentes modelos representativos que construyeron, ya sea por sus diferentes experiencias y perspectivas, ya por perseguir distintos objetivos de análisis.

Los analistas suelen recurrir a modelos formalizados a efectos de poder explicitar sus propios modelos mentales y poder transmitir con mayor facilidad sus argumentos; tenemos así modelos físicos como las maquetas, modelos gráficos que permiten visualizar tendencias y proporciones, modelos

abstractos como los matemáticos mediante los cuales se muestran relaciones entre las variables de un sistema, pudiendo ser llevados a un ordenador para su cálculo y resolución.

Esos modelos con los que se representa el sistema bajo análisis adquieren una utilidad mayor a la de solo explicitar el modelo mental del observador cuando son utilizados a efectos de ayudar a la toma de decisiones.

Decidir implica un proceso de selección entre varias alternativas. Una vez seleccionada una alternativa, ésta se pone en acción, con lo que indudablemente se producirán una serie de modificaciones en el sistema: los sistemas sociales son dinámicos, con lo que presentan una fisonomía distinta en cada unidad de tiempo.

Esta consideración nos lleva a la necesidad de tomar en cuenta las consecuencias de la alternativa seleccionada, y poder evaluarlas en cuanto a sus efectos en el mediano y largo plazo.

Surge así una buena razón para justificar el uso de modelos formales: la mente humana sólo está preparada para manejar un muy reducido número de variables y en muy corto lapso de tiempo hacia el futuro.

Otro elemento a tomar en cuenta es que el esquema lingüístico utilizado para transmitir la representación del objeto analizado puede ser tergiversado por los otros producto de diferencias ideológicas, culturales, o de los distintos intereses y perspectivas profesionales de quienes lo reciben.

Por tanto, con un modelo formal resultaría posible expresar concreta e indudablemente la representación del objeto, tomar en consideración todas las variables que resultan esenciales al sistema analizado, y podrían tomarse en cuenta además los posibles efectos a mediano plazo de un cambio en alguna (o varias) de las variables incluídas cuando en los cálculos matemáticos incluimos la variable tiempo.

### ***Retomando los dos interrogantes planteados:***

De esta manera, disponer de un modelo de un sistema social permitiría realizar experimentos sobre el mismo (Aracil, 1983). Esta posibilidad de experimentación similar a la de un laboratorio nos pondría ante la posibilidad de poder entonces analizar posibles efectos de cambios hipotéticos llevados a cabo sobre el sistema social bajo análisis, pudiendo repetir el experimento sobre el mismo sistema representado por el modelo sin que las condiciones de partida cambien después de cada prueba.

Por otra parte, si el modelo empleado no solo incluyera las variables esenciales del sistema analizado o los elementos que se exteriorizan como problemáticos, sino que además permitiese considerar el sistema holísticamente como un todo

organico y representara las interrelaciones causales que se establecen en un sistema desde la perspectiva de la teoría general de sistemas, los procesos de retroalimentación propios de la cibernética, las redes de comunicación e información internas y con el contexto de los sistemas autopoieticos y autorreferentes, la consideración de los elementos cualitativos que caracterizan al sistema social, estaríamos en fin, no solo utilizando los conceptos sociocibernéticos expresados en los anteriores capítulos, sino que además los estaríamos aplicando en la práctica haciéndolos operativos.

### ***La Dinámica de Sistemas:***

En el trabajo del sociologo, donde se tiene la pretención de aplicar los presupuestos teóricos de la sociocibernética, es necesario encontrar una herramienta que haga de nexo entre la teoría y la práctica.

Esa herramienta deberá contemplar, entre otras cuestiones, las siguientes:

- permitir analizar el problema social en cuestión inserto dentro de un todo, con una visión holística.
- Posibilitar la determinación de la red de interrelaciones entre los componentes del sistema, de manera de poder ver los bucles de relaciones causales originados por las mutuas influencias de las variables.
- Facilitar la explicitación de dichas relaciones mediante algún tipo de formalización matemática que nos permita simular el comportamiento del sistema en las condiciones de laboratorio antes expresadas.
- Proveernos de una idea del comportamiento del sistema en el mediano o largo plazo.
- Incluir a los actores y al observador en esa postura reflexiva de la cibernética del segundo orden: observarse observando.

En tal sentido, aparece una metodología específica, inmersa en un movimiento filosófico, científico y técnico, denominada Dinámica de Sistemas (Aracil 1983).

### ***Un poco de historia: surgimiento de la Dinámica de Sistemas.***

En torno a la Segunda Guerra Mundial comienza el desarrollo de las **computadoras** como máquinas electrónicas dotadas de gran capacidad de cálculo y que serían llamadas a impulsar los desarrollos científicos y tecnológicos en todos los campos del saber y quehacer humanos. A consecuencia de esto se inicia también un cuerpo de doctrina denominado **informática** (Aracil 1983) tendiente precisamente a estudiar el uso del computador.

Casi simultáneamente, Norbert Wiener (1894 – 1964) dio el nombre de **cibernética** a otra elaboración paradigmática a

partir del análisis de los procesos de comunicación y control tanto en máquinas como animales, dando como resultado uno de los más importantes conceptos actualmente en uso para el análisis de los sistemas sociales: los mecanismos de retroalimentación (feedback). Wiener advirtió la existencia de procesos de retroalimentación y control en una considerable gama de sistemas naturales y sociales, procesos éstos que permiten la autorregulación en los organismos vivos y en los servomecanismos de los dispositivos técnicos. Al respecto resulta importante volver sobre las explicaciones que sobre la cibernética del primer y segundo orden han sido comentadas al comienzo de éste libro.

En los años de la postguerra, el biólogo L. von Bertalanffy acuña el término **teoría general de los sistemas**.

La Teoría General de Sistemas conforma una manera sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad, permitiendo además formas de trabajo interdisciplinarias.

La fundamental característica de éste paradigma científico se encuentra en su **perspectiva holística e integradora**, donde lo importante a ser considerado son las interrelaciones y los conjuntos de elementos que por su particular comportamiento permiten sean distinguidos del entorno.

Esta forma de observar la realidad surge en contraposición a los **enfoques analíticos y reduccionistas** que se venían empleando hasta entonces.

A partir de principios extraídos de la biología, Bertalanffy conforma entonces una idea de **totalidad orgánica**, enfrentada con el anterior paradigma que se basaba en una imagen inorgánica del mundo.

Cuando se habla de sistemas aparece la idea de totalidad, pero las propiedades de esa totalidad no responden a la simple agregación de partes o componentes y sus respectivas propiedades. Esa totalidad surge como algo distinto de sus componentes, y sus propiedades se generan en el interjuego de relaciones de dichas partes, surgiendo también como distintas a las de quienes la conforman. Esta explicación responde al principio Aristotélico de que **el todo es más que la suma de las partes (todo / parte)**.

Tomando éste primer principio y enriqueciéndolo, Bertalanffy observa que un sistema es distinguible de su entorno por la particular manera de relacionarse de sus componentes entre sí y con respecto al medio donde se desenvuelve. Incorpora entonces un segundo paradigma: **la relación todo / entorno**, quedando de esta manera explicitado que un sistema establece un flujo de relaciones con el ambiente donde actúa.

Evidentemente, en ésa relación con su entorno, el sistema se verá obligado a efectuar adaptaciones en su interior de

manera que su accionar resulte congruente con el marco que le presenta el ambiente donde se desenvuelve.

Tenemos así un sistema que persigue un objetivo, tomando en consideración su supervivencia y la sustentabilidad de dicho objetivo, donde sus partes integrantes son **interdependientes**, y donde se produce un flujo de entradas y salidas por las cuales queda establecida una relación con el entorno.

De ésta manera, la Teoría General de Sistemas intenta aprovechar una tendencia generalizada a la integración de parte de todas las ciencias, intentando sentar bases para una teoría integrada de la organización y la complejidad.

La aparición de éstas disciplinas, informática, cibernética y teoría general de sistemas, conforman el denominado **paradigma sistémico**, a raíz del cual surge la dinámica de sistemas como metodología específica, como herramienta de aplicación de, precisamente, todas las proposiciones teóricas sustentadas por esta particular y consensuada manera de analizar los sistemas. A partir de éste desarrollo, otras similares metodologías fueron surgiendo con el transcurso del tiempo, como por ejemplo la denominada System Thinking, o como el Pensamiento Sistémico explicitado por Peter Senge en sus recientes publicaciones, por citar algunas de las más conocidas.

Es así que promediando el XX, el ingeniero Jay W. Forrester es llamado a resolver un problema relativo a oscilaciones bruscas en los pedidos de la empresa Sprague Electric, de similar fisonomía a los que se producían en los servomecanismos compensados incorrectamente. (Aracil, 1983).

Jay Forrester advirtió que las técnicas de investigación operativa y las simulaciones de tipo Monte Carlo no conducían a resultados satisfactorios, dado que reconoció la importancia que jugaban en el problema los procesos de retroalimentación de información y los retrasos en la transmisión de información. Así Forrester estudió la idea de que los bucles de retroalimentación con retrasos producían las oscilaciones. De esta manera dio origen a la denominada Dinámica Industrial. Con posterioridad, y ante lo positivo de los resultados obtenidos por la Dinámica Industrial, esta metodología fue empleándose a otros tipos de sistemas, principalmente al estudio de las ciudades (dinámica urbana).

En 1970 Forrester fue invitado por el Club de Roma para intentar aplicar su metodología a la elaboración de un modelo del mundo. De tal manera, la antigua denominación se cambió por **Dinámica de Sistemas**.

La Dinámica de Sistemas trata de construir, recurriendo al conocimiento de expertos, modelos dinámicos de un determinado sistema, donde los bucles de retroalimentación

juegan un papel primordial. Estos modelos son susceptibles de ser expresados matemáticamente, con lo que, pueden ser utilizados en un computador para realizar **simulaciones**.

Los sistemas sociales son esencialmente **dinámicos**, ésto significa que varían en su conformación con el paso del tiempo. La variable tiempo no puede ser separada de la consideración de un sistema social, dado que una de las características fundamentales de éste es la retroalimentación. Por medio de la retroalimentación, un sistema controla objetivos deseados y objetivos alcanzados, modificaciones en el entorno, etc., y produce los cambios necesarios para corregir una dirección no deseada, con lo que se logran nuevos productos cuyo impacto vuelve a ser tomado por el proceso de retroalimentación, y así sucesivamente.

Básicamente, la dinámica de sistemas es una metodología para estudiar y manejar la complejidad de los sistemas que se retroalimentan con los resultados de sus acciones, como sucede por ej. en los negocios. Aquí la característica principal es la **retroalimentación**. Para su aplicación práctica ha desarrollado una especial manera de graficar el sistema bajo análisis (diagrama causal, diagrama de Forrester). Actualmente, diversas marcas comerciales de software crearon interfaces que permiten rápidamente captar de los gráficos la relaciones entre los elementos y facilitan la construcción y simulación de los modelos matemáticos así elaborados.

Debemos reconocer los particulares inconvenientes que presentan los sistemas sociales al momento de su análisis, dado que en ellos interviene la conducta humana. En un sistema social, al decir de Jay W. Forrester, las personas actuarían como dientes en el engranaje social y económico; los individuos representan sus respectivos papeles a la vez que son movidos por la presión impuesta por todo el sistema.

La dinámica de sistemas combina la teoría, los métodos y la filosofía de los sistemas para analizar su comportamiento, habiendo surgido por la búsqueda de una mejor comprensión de la administración empresarial, extendiendo hoy su aplicación a los campos de la ecología, la política, la medicina, etc. La dinámica de sistemas muestra cómo van cambiando los estados de un sistema bajo observación a través del tiempo.

El punto de partida de un proyecto de dinámica de sistema será un problema a resolver o un comportamiento indeseable a corregir que ha sido observado o percibido en un sistema social. Para comenzar se recaba la información que, quienes participan en el sistema, poseen en sus mentes respecto del comportamiento de éste. Estas personas nos permitirán conocer la estructura del sistema y las normas que rigen sus decisiones. Téngase en cuenta entonces que no nos valdremos solo de datos cuantitativos, mensurables, sino que

hecharemos manos a algo mucho más prometedor: la experiencia humana.

Trataremos de descubrir las formas de retroalimentación que dispone el sistema, y organizaremos la información de manera de poder contar con un adecuado modelo representativo de la realidad bajo análisis.

“Al examinar una compañía, usamos nuestro conocimiento sobre la manera en que la estructura y las políticas determinan el comportamiento. Entrevistamos a la gente en relación con el modo en que toman sus decisiones. Las declaraciones que describen los motivos por los cuales se toman decisiones constituyen políticas que gobiernan una determinada acción. Un modelo de dinámica de sistemas es una estructura de políticas en interacción. Ellas determinan las decisiones cotidianas.” (Forrester, 1998).

Aquí Forrester se refiere a una empresa comercial, y es pertinente tomarlo como ejemplo, ya que las empresas son formaciones sociales que persiguen objetivos y están dotadas de racionalidad (Maintz, .....), o sea, son en definitiva, sistemas sociales.

Las entrevistas permiten elaborar un modelo descriptivo del comportamiento del sistema, que con toda seguridad será demasiado complejo para ser captado y resuelto por la mente humana, por ello debemos recurrir a la simulación por computadora: básica y simplemente, el modelo es expresado en cuanto a sus relaciones por medio de ecuaciones matemáticas y lógicas que permitan su resolución por medio del ordenador. Así, estaremos en condiciones, siempre que el modelo sea suficientemente representativo del sistema, de simular el comportamiento de éste a lo largo del tiempo probando en él distintas medidas o cambios. De ésta manera no correremos los riesgos de “experimentar” nuestras decisiones en la realidad, ni deberemos esperar para evaluar los resultados. Esto permitiría por ejemplo, detectar que la retroalimentación de los efectos de determinado cambio considerado a priori conveniente, a través del tiempo resulta contraproducente porque no ha atacado el problema sino disimulado los síntomas.

La dinámica de sistema ayuda a comprender de qué manera las políticas afectan las decisiones: se construye un modelo de simulación donde se incluyen los centros de toma de decisión y las políticas que deben atender. De ésta forma el modelo generará flujos de decisiones controladas por las políticas y generando un determinado estado del sistema, el que se retroalimentará de los resultados obtenidos y volverá a generar flujos de decisiones que responden a políticas, y así sucesivamente. Es fácil darse cuenta entonces que, si el comportamiento observado a través del tiempo en la simulación es indeseable, habrá que cambiar las políticas.



Resultan sumamente alentadoras las expectativas de Forrester cuando sostiene que el diseño de sistemas sociales se convertirá en una profesión reconocida. “Los diseñadores de empresa serán capaces de reducir el número de errores en la estructura y políticas de las instituciones sociales. Un diseño correcto puede hacer que una empresa sea menos vulnerable a los cambios en el entorno empresarial... puede mejorar la estabilidad de empleo y producción” dijo Forrester. Y esto representa un muy serio desafío para el sistema educativo

### ***La Simulación de un Modelo de Dinamica de Sistemas:***

Simular un modelo elaborado con la metodología de la dinámica de sistemas implica en primer término, reproducir en la computadora el comportamiento del sistema real modelado.

Mediante el proceso de simulación se logran varios objetivos importantes:

- identificar los elementos ante cuyas variaciones el sistema es más sensible
- probar nuestras hipótesis o apoyar nuestras decisiones referidas a cambios en las políticas que determinan el comportamiento del sistema, sin operar directamente sobre el sistema real
- analizar los efectos a mediano y largo plazo de la instrumentación de cambios en el sistema
- explicar clara y concretamente las acciones a tomar

Con la simulación se obtendrán los diferentes estados del sistema en cada unidad de tiempo y correspondientes a cada cambio en sus parámetros.

### ***Trabajando con el Pensamiento Sistemico:***

Una actual línea de acción que se basa en los conceptos de la teoría general de sistemas, preferentemente aplicada a los sistemas sociales empresa, y que tiene como uno de sus principales exponentes a Peter Senge, desarrolla lo que denomina **pensamiento sistemico** como metodología de abordaje de éste tipo de sistemas. Esta línea investigativa es coincidente con la corriente denominada **system thinking**, también abocada al análisis de los sistemas abiertos al aprendizaje, y que al igual que en el pensamiento sistemico intenta descubrir patrones de comportamiento dinámicos (arquetipos) mostrándolos de manera gráfica con la utilización de los denominados **diagramas causales**.

Se trata de una mejor, más natural y holística visión de los sistemas vivos, tales como los individuos, los equipos o las organizaciones, tratando de obtener una clara visión de la

manera en que sobreviven y prosperan en un ambiente tan dinámico como el actual.

El pensamiento sistémico, al estar orientado a los sistemas empresa, resulta congruente con conceptos no solo vigentes sino de total aplicación en el campo de las organizaciones sociales todas, como son la **planificación estratégica y el control de gestión**.

Brevemente, la planificación estratégica tiene su punto de partida en la definición de la **visión** y la **misión** del sistema. El control de gestión permitirá verificar la manera en que se está cumpliendo con las metas de la misión fijada en pos de la visión definida. Cuando nuestro análisis debe focalizarse en **formaciones sociales**, no en meros agregados sociales, de cualquier tipo (tipo empresa, organizaciones gubernamentales, ONG's), los conceptos de la planificación estratégica deben ser tenidos en cuenta, ya que habrá una imagen del futuro que se desea (visión), lo que puede llegar a alcanzarse si se realiza el propósito para el cual la organización social se ha conformado (misión) que para ser llevado a cabo convenientemente requiere cumplir con pautas y compromisos fijados (metas) los que serán medidos periódicamente para corregir los desvíos que pudieran producirse (control de gestión). Una idea de la manera de introducirse en el conocimiento de la formación social bajo análisis podría ser a través de preguntas de éste tipo:

- a) Dónde queremos estar o llegar?
- b) Cómo sabremos cuando hemos llegado allí?
- c) Dónde nos encontramos en éste momento?
- d) Cómo recorreremos el camino que resta?
- e) Qué puede llegar a cambiar en el entorno en el futuro?

Cómo se observa, se trata de una manera holística de encarar el análisis, dejando de lado problemas puntuales, y menos aún descomponiendo tales problemas en sus componentes, y sobre todo, teniendo siempre presente una visión de futuro.

### ***Una comparación entre la madura Dinámica de Sistemas y el joven Pensamiento Sistémico o System Thinking***

Ambos modos de aprehender la realidad de un sistema se dedican a analizar las mismas clases de sistemas y comparten totalmente la misma perspectiva. Ambos construyen idénticos diagramas causales para explicitar y documentar el análisis. La diferencia que podría mencionarse es que la Dinámica de Sistemas avanza un paso más mediante la construcción de un **modelo de simulación por computadora** que permita anticipar el posible efecto de políticas alternativas, que sea una herramienta útil como apoyo a la toma de decisiones. En suma, la utilización de los métodos sustentados por el systems thinking podrían interpretarse como la captación de los modelos mentales que se encuentran en la organización,

reconstruyendo así patrones de comportamiento o arquetipos dinámicos y consistentes en sistemas complejos y susceptibles de adaptación, mientras que con la dinámica de sistemas incorporamos dichos patrones de comportamiento dinámico dentro de una estructura conformada por comunicaciones e interrelaciones que expresamos matemáticamente a efectos de su simulación.

***El análisis sistémico aplicado a una formación social:***

*“El arte del pensamiento sistémico consiste, entre otras cosas, en evaluar las consecuencias del acto que escogemos”*

(P.Senge, 1983)

Cuando se analiza un sistema social, y debe proporcionarse una solución a un problema existente en el mismo, dado que indudablemente los estímulos o variaciones provocados en una de las variables componentes de tal sistema influirán en el resto recibiendo al tiempo impacto de su propia variación (bucles de retroalimentación), es imprescindible que se analicen minuciosamente las consecuencias de la solución propuesta.

Otro importante aspecto a tomar en consideración es el reconocer que el mayor potencial del pensamiento sistémico se encuentra en incorporar al análisis los elementos intangibles conformados por las actitudes y las creencias insertas en el sistema, ya que de ésta manera se estará en condiciones de poner de relieve las estructuras subyacentes.

Finalmente, debe considerarse, tal como P. Senge lo afirma, que un buen pensador sistémico es quien puede ver el funcionamiento simultáneo de cuatro niveles:

1. Acontecimientos
2. Pautas de conducta
3. Sistema
4. Modelos mentales

Acontecimientos son todos aquellos eventos que se han detectado, generalmente como problemáticos, en el funcionamiento del sistema social que se está analizando.

Las pautas de conducta son los particulares comportamientos de algunas de las variables ocurridos en el sistema bajo análisis y que reflejarían en el tiempo, la repercusión de los acontecimientos detectados.

Sistema refiere al comportamiento sistémico de la organización social; reflejaría las influencias recíprocas existentes entre los elementos del sistema donde están contenidas las pautas de conducta. La idea es que la pauta de conducta de una variable (su comportamiento en el tiempo) puede ser explicada por otra pauta de conducta de otra variable vinculada.

Los modelos mentales son la exteriorización y consideración de las particulares formas de ver y comprender determinados aspectos del sistema, por parte de sus componentes.

**Desarrollo de un caso practico real:**

A efectos de realizar un modelo de un sistema, y su posterior simulación, se procederá a analizar el modelo que fuera presentado en la **V Conferencia Internacional de Sociocibernetica** llevada a cabo en Lisboa entre el 26 y el 31 de julio del 2004.

El sistema sometido a análisis considera el problema de los niños desnutridos en un área poblacional con problemas de pobreza en la ciudad de Rosario, Argentina.

Para tener un panorama global y resumido del caso, se transcribirán partes pertinentes del “paper” presentado:

**“Los modelos de simulación, una manera de articular los conceptos y medir los reales efectos de la globalización**

Análisis de un caso concreto: la salud pública de la ciudad de Rosario

*Mucho se ha escrito y hablado sobre los impactos culturales y componentes ideológicos del proceso denominado “globalización”.*

*La intención del presente trabajo no es continuar desarrollando un marco teórico que considero ya suficientemente abordado. Lo que pretende éste “paper” es continuar con la línea de trabajo que presentara en Corfú: intentar dar respuestas concretas a los problemas concretos que como profesionales (sociólogos) se nos presentan en nuestro trabajo diario. En definitiva, articular los conceptos con la práctica.*

*En Corfú, si bien presenté un trabajo profesional desarrollado para un organismo gubernamental, el énfasis fué puesto en explicar el uso de los modelos de simulación como apoyo a la toma de decisiones, y la necesidad de manejar variables cualitativas en dichos modelos.*

*Hoy, a partir del tema propuesto por ésta Conferencia, quiero intentar mostrar concretamente, con un modelo de simulación, los impactos de la globalización en un área muy concreta: las políticas de salud.*

*El modelo de simulación que presento trata de reflejar y mostrar las interrelaciones entre los componentes del sistema y los posibles efectos producidos al implementar determinadas políticas de salud. El caso se desarrolla en una población carenciada de la ciudad de Rosario (Argentina).*

*La labor del gobierno municipal en temas de salud pública ha sido durante los últimos años destacada, al punto de haber recibido a finales del 2003 una especial distinción : el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, de la Organización de las Naciones Unidas, la designó CIUDAD MODELO entre muchas ciudades de América Latina.*

*Lo interesante de ésta presentación es que el modelo puede mostrar su particular estructura al incorporar los efectos de la globalización, y*

*mensurar dichos efectos en cuanto a su repercusión en el sistema social donde se implementa.*

*Es sabido que el proceso denominado “globalización” lleva a moverse en determinado sentido a algunos aspectos esenciales de la comunidad. Por ej.:*

- preponderancia del individualismo*
- sujeción a las reglas del mercado*
- no intervención del Estado*
- privatización de actividades antes desarrolladas por el Estado*

*Ahora bien, si una comunidad está implementando un modelo de salud pública con bases sociales, cuyos resultados conocemos, la pregunta es: cuál sería el efecto que se produciría en esa misma población si se cambiase dicho modelo por otro que contemplara los principios sustentados por la globalización? Existe alguna herramienta de análisis y medición que me permita decidir si es más conveniente seguir con el modelo vigente o cambiar por el modelo sustentado en la globalización?*

*En mi opinión, tal como lo expresé en Corfú, esa herramienta existe: los modelos de simulación de Dinámica de Sistemas proveen precisamente una visión adecuada del comportamiento de un sistema social bajo determinadas condiciones.*

*En Lisboa presentaré el modelo de salud pública aplicado en Rosario y premiado por la O.N.U., y se introducirán en él las modificaciones necesarias para adaptarlo a la propuesta neoliberal que sustenta la globalización, pudiendo así medir y evaluar los efectos de ambos modelos aplicados a una misma población, y analizar sus diferencias teniendo a la vista los resultados de sus efectos en el futuro mediano plazo.*

#### **EL MODELO DE SIMULACIÓN:**

- a) el modelo fué construído con la participación de un grupo interdisciplinario donde intervinieron medicos, estadísticos y sociólogos.*
- b) el diagrama causal muestra las interrelaciones entre los elementos del sistema.*
- c) las relaciones de causalidad fueron usadas para preparar el modelo matematico del sistema.*

#### **CALIBRACION DEL MODELO:**

*Calibrar el modelo implica ajustar sus parámetros con el objeto de obtener resultados acordes a lo esperado. En este caso, el modelo fué preparado para representar un período de tiempo ya transcurrido. Luego, los resultados de sucesivas simulaciones fueron comparados con datos reales obtenidos de estadísticas disponibles. Luego de ajustar algunos valores de sus parámetros, se obtuvo el modelo SIMULA, cuyos resultados se encuentran muy cercanos a lo realmente sucedido en dicho lapso de tiempo. Si este modelo es capaz de representar los diferentes estados del sistema referidos a un período de tiempo transcurrido, entonces, es dable pensar que es capaz de mostrarnos qué prodría suceder en el futuro, y qué pasaría si alguno de sus parámetros o políticas estructurales fuesen cambiados en determinado momento.*

*Por tanto, se realizarán en el modelo así planteado, una serie de modificaciones con el objeto de ajustar ésta representación a la propuesta neo-liberal de manera que podamos medir, evaluar y comparar los efectos de estas dos diferentes políticas de salud aplicadas a una misma población, pudiendo además analizar sus respectivos efectos en el mediano y largo plazo.*

*De ésta manera podríamos conocer cuáles serían los efectos de, por ejemplo, una disminución del 30% en el presupuesto en salud pública, o si las condiciones del desempleo mejoraran.*

*Podremos comprobar que los dos parámetros a los que el modelo resulta más sensible son desocupación y presupuesto en salud pública. El índice de desocupación depende de condiciones macroeconómicas. Cambiar éste parametro no resulta tarea fácil, y los efectos de cambios positivos en él son percibidos lentamente y con cierto retraso en el tiempo.*

*El presupuesto en salud pública resulta ser una variable de relativamente más fácil manejo, bastaría con cambiar prioridades presupuestarias para favorecer a ésta variable, y los resultados serían apreciados casi de inmediato.*

*CONCLUSION: Considero que estamos en condiciones de contestar la pregunta formulada al inicio de éste paper: Si algún funcionario del gobierno requiere nuestra opinión sobre que alternativa es más conveniente frente a una determinada situación social, que herramienta puede usar el sociologo? Podemos usar modelos de simulación con dinámica de sistemas. Rosario (Argentina), Marzo 1 del 2004”*

Cuando se intenta realizar un modelo de un sistema, generalmente se comienza con un núcleo central, al cual luego se le van agregando complejidades que responden a las características del sistema real. En éste caso, el punto de partida podría ser el movimiento poblacional, dado que a partir de éste se derivan los grupos que se pretende analizar.

El análisis del movimiento poblacional resulta simple de entender: existe una población inicial en un momento determinado, a partir de la que se originan movimientos que aumentan su número (nacimientos) y otros que lo disminuyen (muertes). Con éste esquema básico es fácil comprender la manera de expresarlo en un diagrama causal:

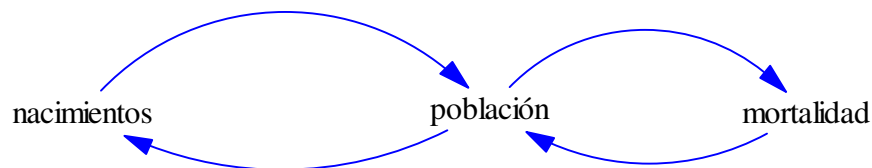


Figura 1

**Ciclos reforzadores y ciclos balanceadores:**

Según sea la cantidad de población de inicio, se producirán nacimientos. O sea que, a mayor cantidad de población → mayor cantidad de nacimientos, o lo que es similar, a menor

cantidad de población → menor cantidad de nacimientos. En éste bucle se observa que ambas variables tienen variaciones en el mismo sentido: más → más o menos → menos. Estos bucles son de signo positivo, y se denominan reforzadores. Son reforzadores porque, en el caso del más → más, el número de población aumentaría paulatinamente período tras período sin ninguna limitante. Y lo mismo pero a la inversa en el caso de un menos → menos.

Razonando de la misma manera, de acuerdo con el número de habitantes se producirá un determinado número de fallecimientos, con lo que la población disminuirá. O sea que, a mayor número de población → mayor cantidad de fallecimientos, y a mayor cantidad de fallecimientos → menor cantidad de población. Estamos ahora en presencia de un bucle de los denominados balanceadores, ya que la variación de una de las variables produce un efecto de sentido inverso en la otra: más fallecimientos → menos población. Es un bucle negativo.

Esta clasificación de los bucles en reforzadores y balanceadores tiene su importancia práctica: en los sistemas sociales es muy difícil encontrar un bucle reforzador solo, ya que todo crecimiento en el sistema estará condicionado y acotado a una serie de limitantes (cantidad de alimentos disponibles, disponibilidad habitacional, capacidad de atención de la salud, estructura física de la universidad, etc.). Siempre estará naturalmente acompañado por un bucle balanceador, o al menos por un parámetro de control que haga que cuando determinada variable alcanza un valor dado, se pongan en marcha cambios políticos o estructurales que retraigan a esa variable.

Entendidas entonces de la manera graficada las relaciones causales que expresan y explican la manera de comportarse de la variable *población*, se llega al nivel de análisis que requiere el poder experimentar con los movimientos poblacionales, ya sea incentivando o desanimando los nacimientos con políticas dictadas en tal sentido, ya sea extendiendo la cantidad de años de vida de las personas mejorando por ejemplo, el sistema de salud. Llega el momento de poder contestar **qué sucedería si ...**

Esto puede realizarse expresando con formulas matemáticas las relaciones causales antes graficadas, y calculando los valores de las variables para cada unidad de tiempo.

Actualmente existen varias empresas de soft que proveen de programas facilitadores de la tarea de realizar los modelos matemáticos.

En éste caso se usará Vensim (versión académica). Tanto éste soft como los otros, requieren se grafiquen las relaciones causales, pero utilizando los denominados **diagramas de**

**flujos y stock** (originalmente llamados diagramas de Forrester).

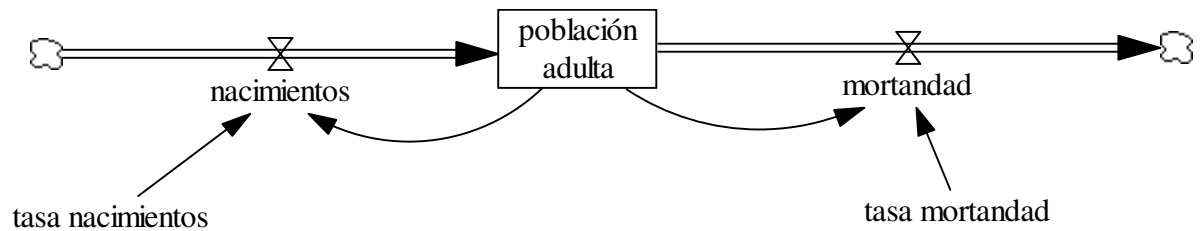


Figura 2

Este tipo de diagramas requieren no solo establecer las relaciones causales, sino además, distinguir entre diferentes tipos de variables:

1. Las variables de Nivel: que son aquellas variables que acumulan. Acumulan personas, materiales, elementos intangibles cuantificados, etc. Se representan encerrando con un rectángulo el nombre de dicha variable. En éste caso, *población adulta* es la variable de nivel que acumula cantidad de personas.
2. Las variables de Flujo: este tipo de variable representa a los suministradores de elementos o a los que sustraen material de las variables de nivel. En el caso planteado, nacimientos agrega personas mientras que mortalidad resta.
3. Los parámetros o tasas: expresan en qué magnitud, con qué volumen, las variables de flujo dejan pasar el material que transportan a o desde la variable de nivel. Por ejemplo, en el caso de los nacimientos, la tasa de nacimientos sería el parámetro que, según sea su valor, determinaría la cantidad de nacimientos en una unidad de tiempo. (tasa de nacimiento expresada en por mil, multiplicada por la cantidad de población del período  $t$ , permitiría calcular los nacimientos que se producirían en el período  $t+1$ , personas éstas que se incorporarían a la variable de nivel población)
4. Los conectores: son las líneas con punta de flecha que expresan las relaciones e influencias existentes entre variables, y el sentido de dicha relación. Observese que nacimientos recibe dos conectores: uno del parámetro *tasa de nacimiento* y el otro de *población*, dado que *nacimientos*, tal como se planteó en 3 es igual a (población\*tasa de nacimiento), o sea la interacción de la variable de nivel con un parámetro.

Concluido el diagrama de flujos y stock, el soft facilitará la especificación de las formulas matemáticas que responden a dicho diagrama:



Período 0:

En el momento del análisis del sistema social, llámese período 0, el analista se encontrará con una determinada cantidad de población y su correspondiente tasa de nacimientos y defunciones:

Población Adulta Inicial = 785.000

Tasa de Nacimientos = 0.035 %

Tasa de Mortalidad = 0.02%

Período 1:

Transcurrida una unidad de tiempo, en este caso 1 año, se tendrá

Nacimientos = Población (0) \* tasa nacimiento

Mortalidad = Población (0) \* tasa mortalidad

Población (1) = Población (0) + Nacimientos - Mortalidad

Y así sucesivamente.

Ahora bien, continuando con el análisis del sistema social que se está estudiando, se pretende calcular cómo, bajo determinadas condiciones macroeconómicas, se va generando una población con problemas (en este caso, problemas económicos que llevan al problema objetivo: la desnutrición infantil), por tanto se agrega otro nivel de complejidad al diagrama causal, expresando las relaciones causa efecto involucradas:

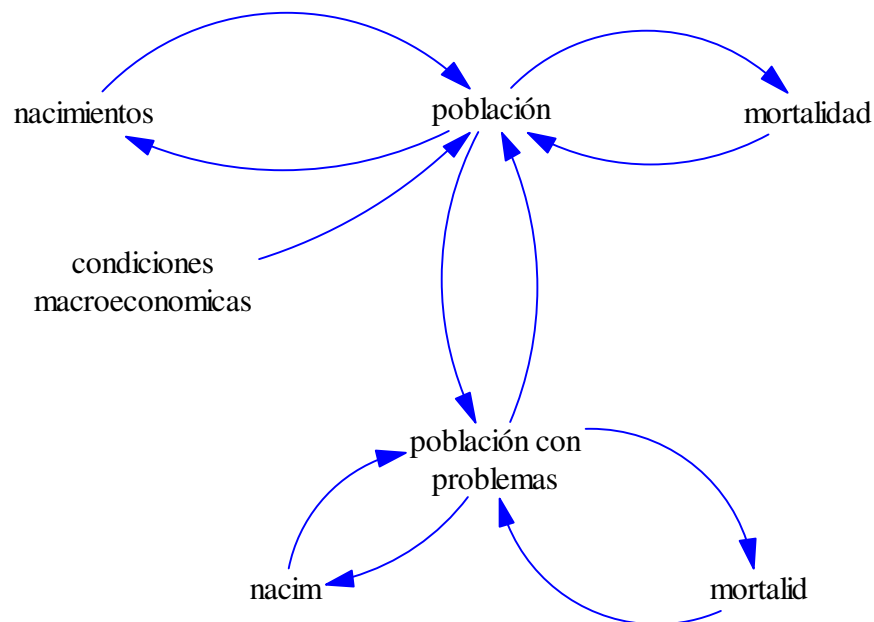


Figura 3

La lectura de éste diagrama causal, en su primera parte es idéntica a lo ya comentado. Aparece un nuevo parámetro: *condiciones macroeconómicas* que afecta a la población,

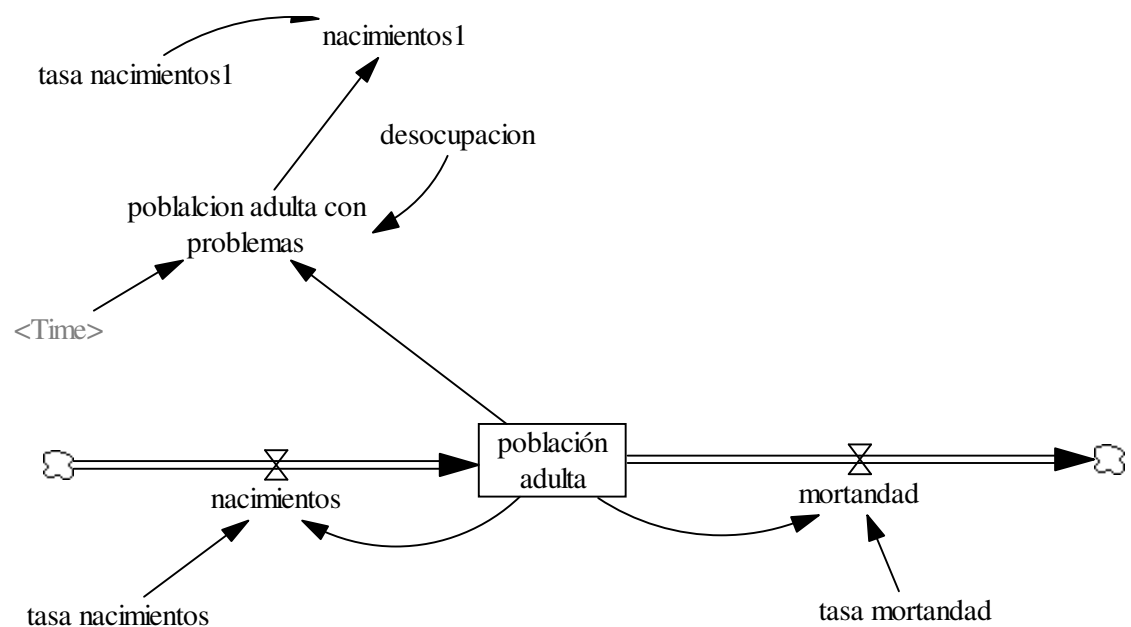
originando movimientos de incorporación a la *población con problemas* o de movilidad ascendente recuperando a parte de la población con problemas a la normalidad, dependiendo esto de las características de dichas condiciones macroeconómicas. Para éste caso concreto se ha utilizado el denominado índice de desocupación, que indica que porcentaje sobre la población se encuentra desempleado. Por tanto, cuando dicho índice aumenta, irá acrecentando la cantidad de población con problemas, y viceversa.

A su vez, se observa que la población con problemas tiene una evolución propia, presentando tasas tanto de natalidad como de mortalidad diferentes a las de la considerada población normal.

Este diagrama causal, llevado al diagrama de flujos y stocks quedaría como lo muestra la figura 4.

Es necesario dejar establecidas algunas **simplificaciones de éste modelo:**

- en primer lugar, no se han considerado aún los movimientos migratorios de la población.
- La acción que en salud pública realiza el gobierno municipal ha sido mensurada en una sola variable (*coeficiente*). Actualmente el grupo interdisciplinario que trabaja en el modelo se encuentra abocado a la tarea de considerar los efectos de cada acción posible de ser llevada a cabo midiendo sus efectos de manera separada.



#### Figura 4

A esta altura del análisis, puede observarse que solo se está representando con el modelo una de las partes fundamentales que lo componen: la manera en que evoluciona la población y cómo fluctúa la población con problemas que es el punto de partida para determinar y evaluar el comportamiento de la variable problema: los niños desnutridos. La otra parte del sistema, involucra la acción que el gobierno lleva a cabo en salud pública, con lo que se intenta influir sobre la fuente de generación de niños desnutridos mediante diferentes acciones medicas y educativas llevadas a cabo en la población con problemas. (ver figura 5)

Se deberán considerar entonces las acciones preventivas llevadas por Salud Pública sobre la población infantil en riesgo, estimar de esa población infantil cuántos llegarán a ser desnutridos, y de estos, cuántos pueden ser recuperados.

Por lo que, si se representase ese juego de interrelaciones, completando de esta manera el modelo, agregandole mayor complejidad, el diagrama causal podría tomar la fisonomía que se presenta en la Figura 5.

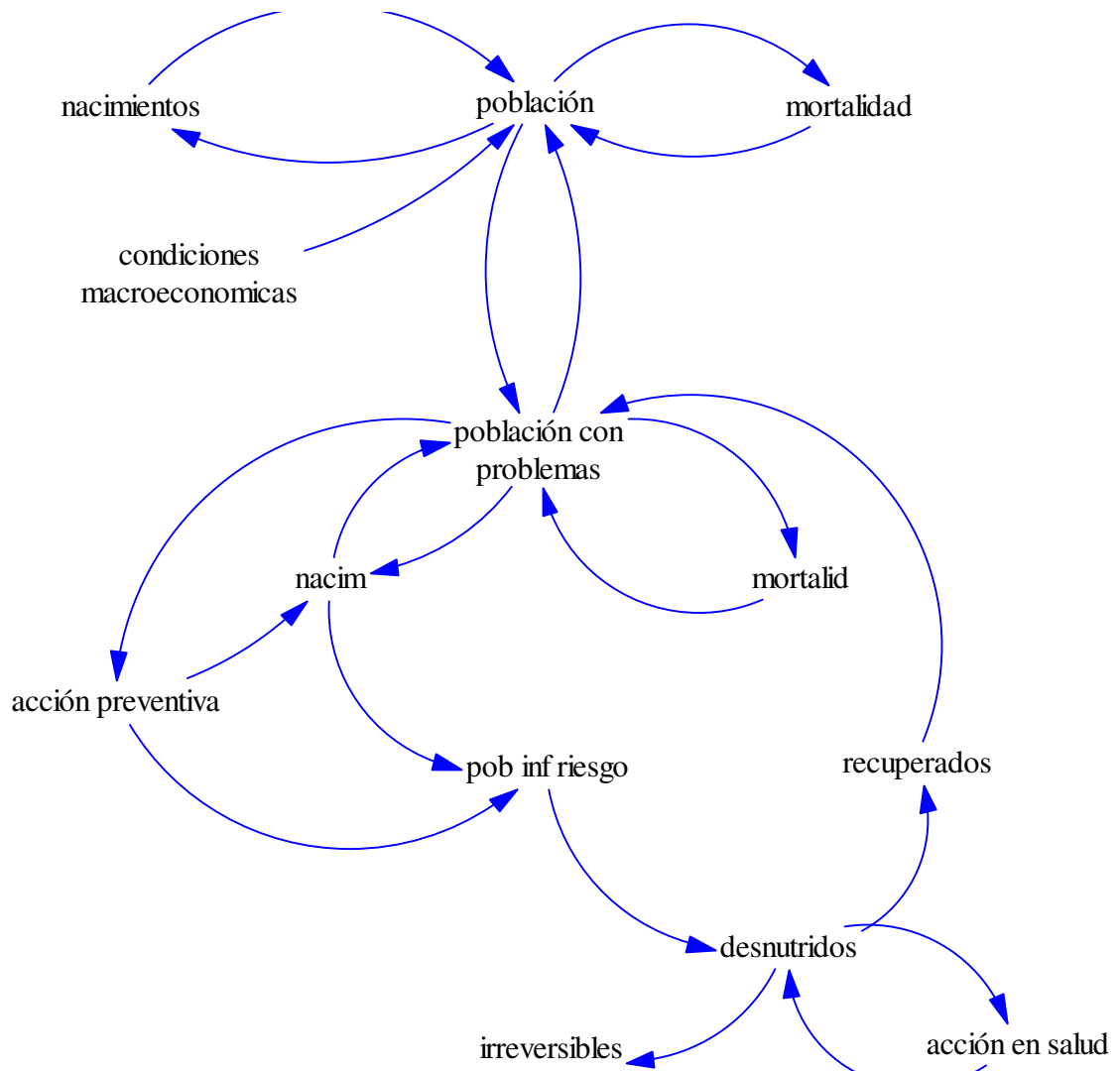


Figura 5

Una vez que el comportamiento del sistema que se está analizando resulta convenientemente plasmado en el modelo gráfico – diagrama causal – se está en condiciones de expresarlo en forma de diagrama de flujos y stock con en objetivo de construir el modelo matemático correspondiente que nos permita su simulación. Esto implica que a partir de las relaciones causa-efecto y de los bucles de retroalimentación detectados, expresaremos dichas relaciones mediante formulas matemáticas que den cuenta del tipo y magnitud de cada una de las relaciones entre variables, asignando valores y parámetros de acuerdo con los datos relevados sobre el sistema real.

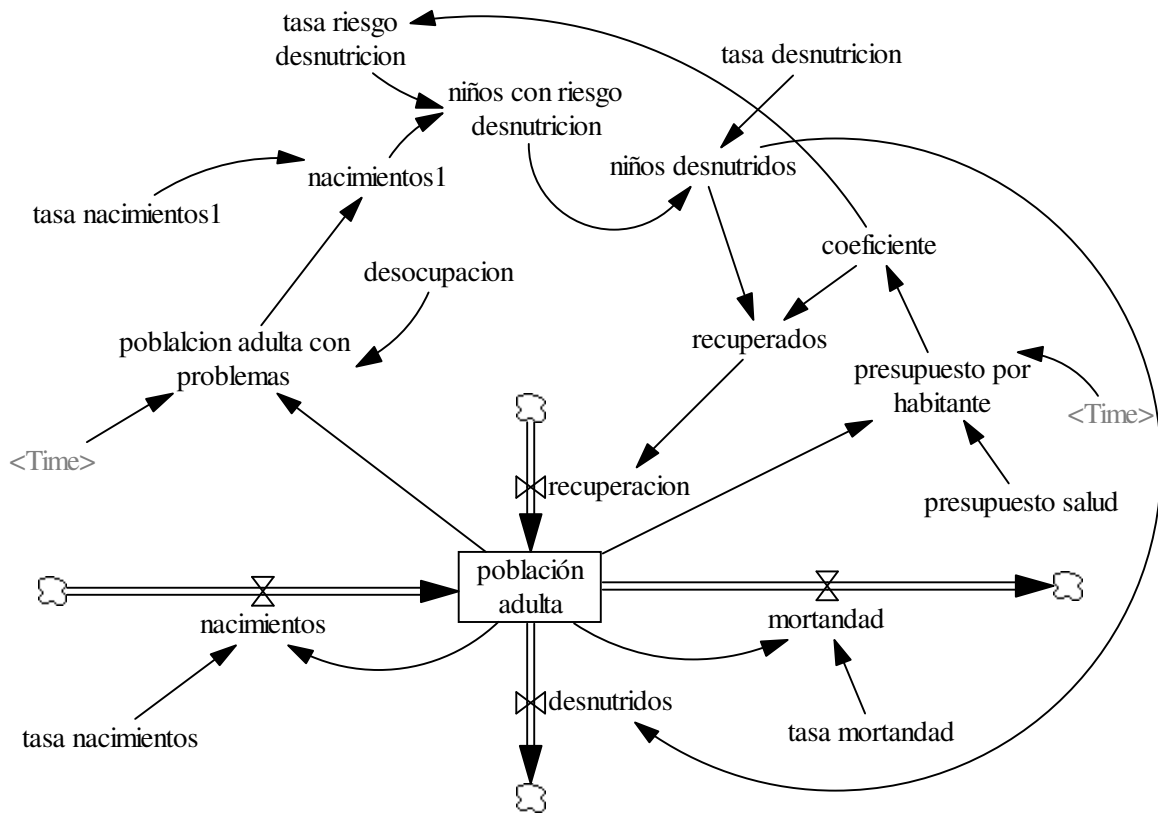


Figura 6

Al observar atentamente este diagrama de flujos y stocks, se cuenta ya con una vista panorámica del sistema bajo análisis que permite extraer algunas conclusiones. Lo primero que se advierte es la existencia de dos grandes y principales bucles de retroalimentación. Esto proporciona una clara idea de cómo, si algunas de las variables involucradas sufriese un cambio, repercutiría no solo en el resto del sistema sino que al cabo de un tiempo, los cambios repercurirían sobre la misma variable donde la modificación se originó.

En las figuras 7 y 8 se remarcan sobre el diagrama de flujos y stocks los antes mencionados bucles, de manera que puedan visualizarse con facilidad.

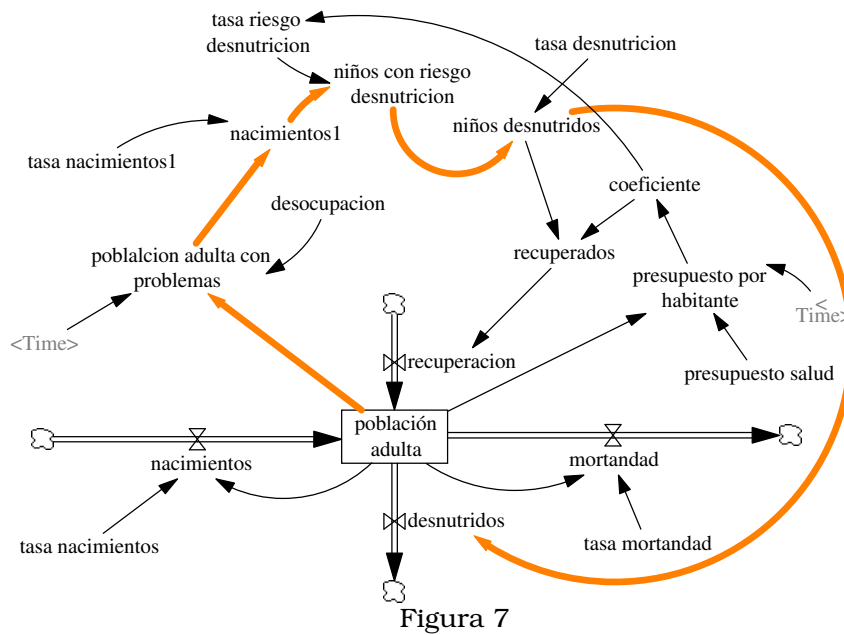


Figura 7

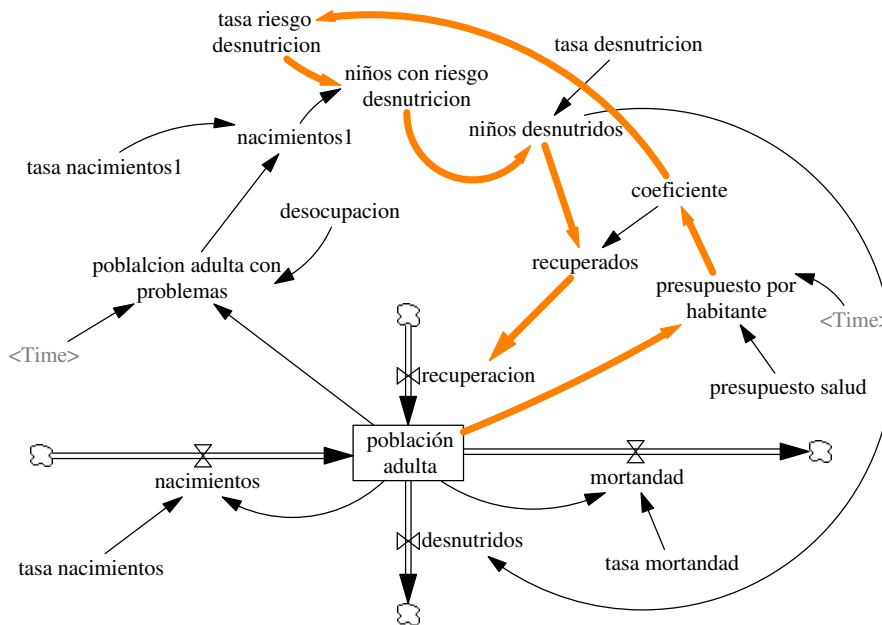


Figura 8

Llegados a éste punto de la modelización, es posible remarcar algunas consideraciones relativas al sistema analizado:

1. La variable problema es *niños desnutridos*, y queda claro que si se la analiza separadamente, no como integrante de

una totalidad, los intentos de solución pasarían por acciones inconexas e ineficaces. El grupo de trabajo interdisciplinario que participó en éste modelo pudo probar a los médicos intervinientes que el problema no era exclusivamente un problema médico; que si bien sus acciones profesionales contribuían al problema, solo atacaban los síntomas, no enfocaban las verdaderas causas.

2. La visión sistémica del problema permite conocer la trama de interrelaciones facilitando así la búsqueda de las causas en el intento de solucionar el problema, o al menos disminuir sus efectos reales.
3. Los bucles de retroalimentación permiten conocer el camino de las influencias provocadas por determinados cambios en las políticas o en algunos parámetros del sistema, lográndose de esta manera determinar con precisión dónde podría resultar más conveniente actuar a efectos del logro del objetivo: disminuir la desnutrición infantil.

Restaría entonces conformar el sistema de ecuaciones que puedan ser llevadas a una computadora para que por medio de la simulación puedan experimentarse las hipótesis de solución en busca de la mejor alternativa.

A tal efecto, es obvio que cuanto más confiable resulte el modelo matemático, la simulación de los futuros posibles estados del sistema será más precisa.

Por ello, antes de utilizar el modelo, debe ser **calibrado**.

La calibración de un modelo matemático implica probarlo y ajustar parámetros de manera que sus resultados se asemejen a la realidad, o dicho de otra manera, que cuando se lo simula produzca cómo resultado estados del sistema semejantes a los del comportamiento real. Volviendo a la primer parte del caso desarrollado, el movimiento poblacional podría ser susceptible de ajuste y calibración mediante su simulación para un período de tiempo anterior al actual y su comparación con los datos estadísticos reales existentes de dicho período, proceso éste utilizado para ésta variable en el modelo presentado.

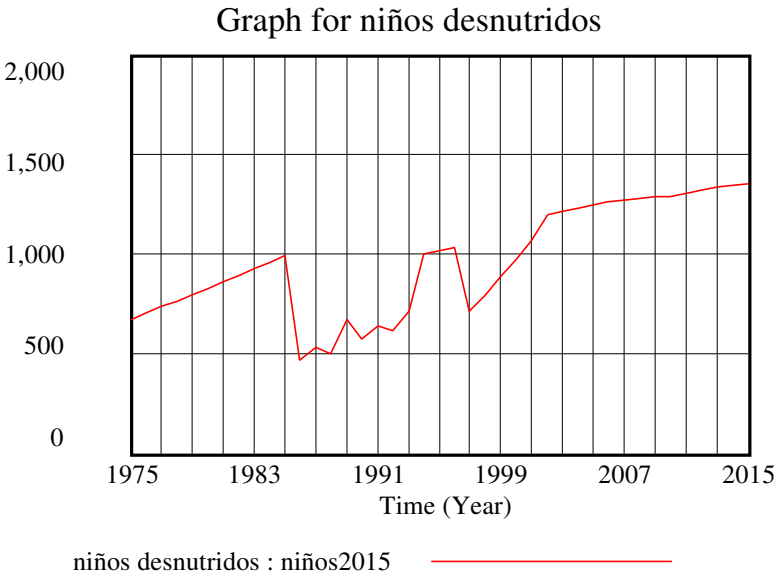
Otra manera de calibración resultaría de cargar alguna variable con una serie de datos tomados de la realidad, y suponer luego un determinado comportamiento de dicha variable para el futuro. Tal ha sido el caso de la variable *desocupación* para la cual se generó una tabla con los porcentuales anuales de desocupación de los últimos 17 años en la ciudad de Rosario, porcentual que para la simulación hacia el futuro se transformó en una hipótesis de trabajo. De ésta manera su utilización en el cálculo de la población con problemas fue:

*Población con problemas = Población \* desocupación(t)*

donde (t) indica el año para que la formula tome de la tabla de desocupación el % correspondiente a dicho período de tiempo.

Se anexa a éste capítulo un desarrollo sencillo de modelo matemático del caso planteado, que surge de los diagramas analizados y que permitiría simular el comportamiento del sistema referido. (Anexo 1)

Resueltas las ecuaciones con las magnitudes expresadas en el Anexo 1, se podrán graficar las evoluciones esperadas de cada una de las variables constitutivas del sistema. Por ejemplo, la cantidad de niños desnutridos y la tasa de riesgo de desnutrición infantil. El modelo ha sido preparado para mostrar los estados del sistema desde 1975 al 2015. El período comprendido entre 1975 hasta el 2003 sirve para corroborar el funcionamiento del modelo al permitirnos comparar sus resultados con las estadísticas que de la realidad se han obtenido durante aquellos años.

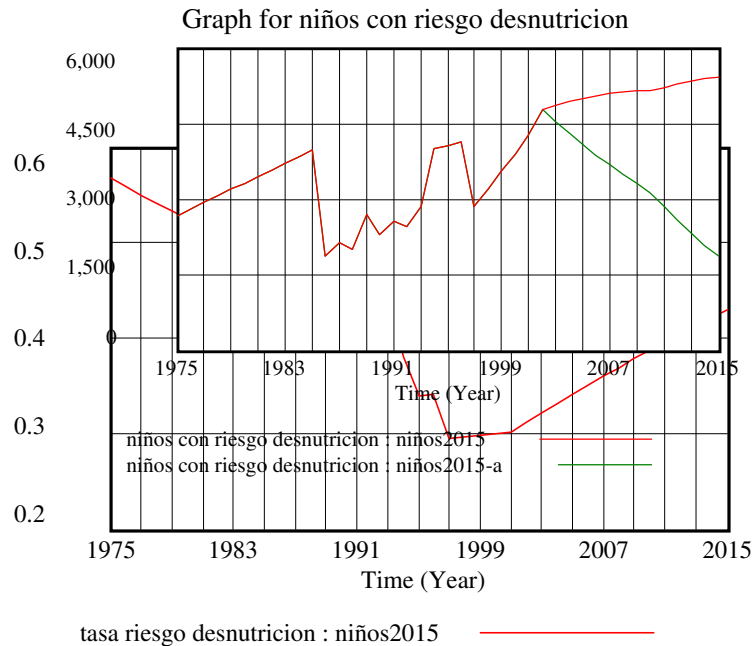




Porqué crece la cantidad de niños desnutridos y la tasa de riesgo de desnutrición en el período simulado (2003-2015) ?

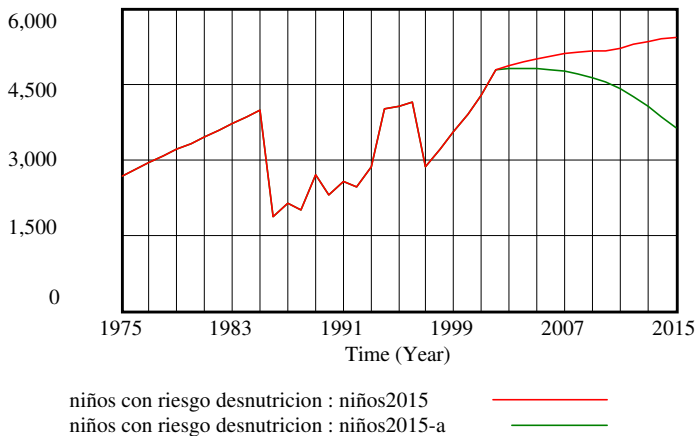
La explicación que surge del mismo modelo es que, dado que la población crece, y se mantienen las condiciones de desempleo y el monto asignado en el presupuesto para salud pública, es lógico esperar que las acciones en salud llevadas a cabo por el gobierno municipal se vean deterioradas en sus efectos.

Pero, podría analizarse **que sucedería si** el presupuesto en salud pública se eleva de 80 millones en el 2002 a 100 millones en el 2010 y hasta 120 millones en el 2015:



O ver **que sucedería si** la tasa de desempleo disminuyera al 15% en el 2010 y hasta el 10% en el 2015:

Graph for niños con riesgo desnutricion

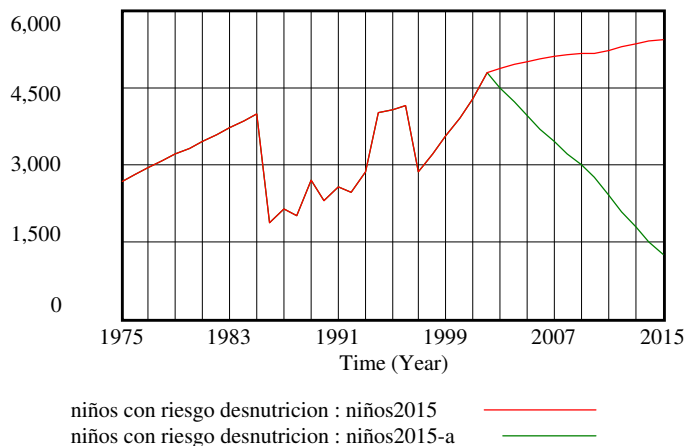


Tal como se puede observar en ambas gráficas, se ve con claridad la repercusión positiva de los cambios recién planteados. No obstante, también puede notarse que es mayor el efecto que sobre el sistema tiene un cambio presupuestario con respecto a un cambio en la tasa de desempleo.

De esta manera pueden producirse los graficos de cada una de las variables, y analizarse cambios en cada una de ellas, o realizar más de un cambio para analizar el efecto conjunto de los mismos sobre el sistema.

Por ejemplo, para seguir utilizando la misma variable *niños con riesgo de desnutrición*, podría intentarse mediante una nueva simulación, conocer el impacto de ambos cambios antes mencionados en forma conjunta: aumento del presupuesto y disminución de la tasa de desempleo.

Graph for niños con riesgo desnutricion



Puede así advertirse claramente el efecto mayor que se logra en cuanto a la disminución de los niños con riesgo de desnutrición cuando ambas políticas confluyen en un mismo período.

### **Conclusión:**

Tal como se ha visto, utilizar un modelo de simulación de dinámica de sistemas permite al analista disponer de una herramienta potente con la cual puede experimentar, probar hipótesis de trabajo, mensurar efectos, en suma, tener un importante apoyo a la toma de decisiones.

No solo permitiría trabajar con sistemas sociales en las condiciones de laboratorio que mencionara Javier Aracil, sino que además haría operativos y aplicables a tales experimentaciones todo el bagaje teórico incluido en la sociocibernetica.

En suma, el uso de modelos de simulación de Dinámica de Sistemas estaría posibilitando cumplir con los requerimientos planteados al inicio de éste capítulo:

- Permitir analizar el problema social en cuestión inserto dentro de un todo, con una visión holística.
- Posibilitar la determinación de la red de interrelaciones entre los componentes del sistema, de manera de poder ver los bucles de relaciones causales originados por las mutuas influencias de las variables.
- Facilitar la explicitación de dichas relaciones mediante algún tipo de formalización matemática que nos permita simular el comportamiento del sistema en las condiciones de laboratorio antes expresadas.
- Proveernos de una idea del comportamiento del sistema en el mediano o largo plazo.
- Incluir a los actores y al observador en esa postura reflexiva de la cibernética del segundo orden: observarse observando.

No obstante las virtudes señaladas, cabría considerar algunas de las debilidades que pueden atribuirse a ésta metodología:

- consideración de cambios estructurales del sistema: es lógico pensar que en su intento por adaptarse a las presiones contextuales, el sistema sufra en algún momento cambios en su estructura. Esto podría anticiparse y considerarse utilizando algunas de las funciones lógico-matemáticas que los actuales softs de simulación nos proveen (if ... then ... else; ramp; etc), pero responderán en definitiva a las previsiones de los profesionales que construyan el modelo.
- Tomas de decisiones que cambien políticas del sistema: lo antes señalado es válido de ser considerado en cuanto al proceso adaptativo con relación a cambios políticos (variación de parámetros) frente a determinados comportamientos del sistema que se consideren deben ajustarse. Considerando decisiones estructuradas, esto sería posible de ser tenido en cuenta en el modelo, pero quedarían sin ser consideradas las posibles decisiones

desestructuradas que en la realidad podrían llegar a producirse.

- Consideración de innovaciones tecnológicas: es cierto que el modelo no puede tomar en consideración que se produzca aquello que hoy no existe y puede llegar a desarrollarse en un futuro. No obstante, no debe dejar de considerarse que tal situación es en realidad una limitación humana y no propia de la metodología. La herramienta metodológica depende de la capacidad humana, y por tanto no puede realizar aquello que la inteligencia del hombre no puede concebir.
- La subjetividad de quienes construyen el modelo: en realidad, éste problema conforma la esencia misma de lo que un modelo es. Al comienzo de éste capítulo quedó claramente indicada tal situación con la expresión de Woolgar “Como conocemos es lo que existe”. No obstante, dado que la realización de un modelo de un sistema social debería requerir de un trabajo en equipo que cubra interdisciplinariamente la mayor cantidad posible de aspectos que este tipo de sistema presenta, tal trabajo conjunto debería atenuar la subjetividad individual, quedando sí la subjetividad grupal o postura ideológica del equipo.

## **ANEXO 1**

### MODELO MATEMATICO

- (01) coeficiente=  
presupuesto por habitante\*10  
Units: acción del estado en salud
- (02) desnutridos=  
niños desnutridos  
Units: niños
- (03) desocupacion(  
[(0,0)-  
(2100,10)],(1975,0.1),(1985,0.15),(1986,0.07),(1987,0.08),(1988,0.075  
) ,(1989,0.1),(1990,0.085),(1991,0.095),(1992,0.09),(1993,0.105),(1994,0.17  
) ,(1995,0.19),(1996,0.19),(1997,0.15),(2002,0.22),(2010,0.17  
) )  
Units: porcentaje de desocupación
- (04) FINAL TIME = 2015

Units: años  
The final time for the simulation.

(05) INITIAL TIME = 1975

Units: año  
The initial time for the simulation.

(06) mortandad=  
población adulta\*tasa mortandad

Units: personas

(07) nacimientos=  
población adulta\*tasa nacimientos

Units: personas

(08) nacimientos1=  
poblacion adulta con problemas\*tasa nacimientos1

Units: niños

(09) niños con riesgo desnutricion=  
nacimientos1\*tasa riesgo desnutricion

Units: niños con riesgo desnutrición

(10) niños desnutridos=  
niños con riesgo desnutricion\*tasa desnutricion

Units: niños desnutridos

(11) población adulta= INTEG (  
+nacimientos-desnutridos-mortandad+recuperacion,  
785000)

Units: personas

(12) poblacion adulta con problemas=  
población adulta\*desocupacion(Time)

Units: cantidad personas

(13) presupuesto por habitante=  
presupuesto salud(Time)/población adulta

Units: \$/habitantes

(14) presupuesto salud(  
[(0,0)-  
(2100,1e+006)],(1975,33862),(1993,56423),(1994,63994),(199  
5,69265)  
,(1996,70120),(1997,76175),(2001,80000),(2002,80000),(20  
10,80000))

Units: monto asignado en pesos

(15) recuperacion=

recuperados  
Units: niños

(16) recuperados=  
niños desnutridos\*coeficiente  
Units: niños

(17) SAVEPER =  
TIME STEP  
Units: Year  
The frequency with which output is stored.

(18) tasa desnutricion=  
0.25

(19) tasa mortandad=  
0.02

(20) tasa nacimientos=  
0.035

(21) tasa nacimientos1=  
0.06

(22) tasa riesgo desnutricion=  
1-coeficiente

Units: repercusión acción salud

(23) TIME STEP = 1  
Units: Year  
The time step for the simulation.