

COMPORTAMIENTO CONTRAINTUITIVO DE LOS SISTEMAS SOCIALES¹

JAY W. FORRESTER²

Traducido al español por el Grupo de Dinámica de Sistemas del ITESM, Monterrey, México.
Revisión de la traducción John Mackay (Barcelona, España), Septiembre 2000.

ABSTRACT

Este artículo estudia diversas inquietudes sociales: Tendencias de la población; calidad de vida urbana; políticas de crecimiento urbano; y los inesperados, ineficaces o perjudiciales resultados producidos por los programas de gobierno.

La sociedad se siente frustrada ya que repetidos ataques a las deficiencias del sistema social sólo conducen a un empeoramiento de los síntomas. Se discute la legislación y se aprueban acciones con gran esperanza, pero muchos programas resultan ser ineficaces. A menudo los resultados no son lo deseado. Los programas del gobierno en ocasiones provocan resultados totalmente contrarios debido a la incomprensión del comportamiento dinámico de los sistemas sociales.

El campo de la dinámica de sistemas ahora puede explicar por qué los resultados son contradictorios. Razones fundamentales hacen que la gente juzgue mal el comportamiento de los sistemas sociales. Los procesos que crean el juicio humano y la intuición conducen a la toma de decisiones equívocas al enfrentarse a sistemas complejos y altamente interactivos. Los intentos por desarrollar programas correctivos a problemas sociales seguirán siendo decepcionantes si no logramos un mejor entendimiento público de los sistemas sociales.

Este artículo aboga por abandonar la dependencia de los mismos enfoques antiguos que sólo conducen a la frustración. Los nuevos métodos desarrollados a

¹ Actualizado en Marzo de 1995. Este artículo se registró por primera vez como propiedad literaria © 1971 por Jay w. Forrester. Está basado en el testimonio del Subcomité de Crecimiento Urbano del Comité de la Banca y la Moneda, Cámara de Representantes de los Estados Unidos, 7 de Octubre, 1970. El texto original se publicó en Enero de 1971, edición de *Technology Review* publicado por la Sociedad de Alumnos del M.I.T. Todas los esquemas han sido tomadas del libro *World Dynamics* de Jay W. Forrester, Productivity Press, Portland, Oregon.

² Germeshausen Profesor Emérito y Conferenciante, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA.

Copyright © 1995

Jay W. Forrester

lo largo de 30 años, conducirán a un mejor entendimiento de los sistemas sociales y por lo tanto a políticas más efectivas para el futuro.

I. UN NUEVO ENFOQUE A LOS SISTEMAS SOCIALES

La mente humana aún no está adaptada para interpretar el comportamiento de los sistemas sociales. Los sistemas sociales pertenecen a la clase llamada sistemas de retroalimentación no lineal de multi-lazo. En la larga historia de la evolución no ha sido necesario, hasta tiempos históricos muy recientes, que la gente entienda los sistemas de retroalimentación complejos.

Los procesos evolutivos no nos dan la habilidad mental necesaria para interpretar el comportamiento dinámico de los sistemas complejos en los cuales estamos inmersos.

Las ciencias sociales, en lugar de tratar los grandes retos de la sociedad se han retirado a pequeños ámbitos de investigación. Diversas prácticas erróneas componen nuestros defectos mentales naturales. A menudo se usan las computadoras para realizar tareas para las que no están debidamente capacitadas y que, en cambio, las mentes humanas lo están. Al mismo tiempo, se usan las mentes humanas para realizar tareas que éstas hacen mal y que las computadoras pueden realizar con eficacia. Además, se pone empeño en tareas imposibles mientras que se ignoran aquellas metas importantes y alcanzables.

Hasta hace poco, no existía ninguna forma de evaluar el comportamiento de los sistemas sociales excepto mediante la contemplación, la discusión, el debate y la conjetura. Para dar salida al dilema actual, voy a trazar aquí un enfoque que combine las fuerzas de la mente humana y las fuerzas de las computadoras de la actualidad. El enfoque proviene del desarrollo llevado a cabo durante los últimos 60 años, y cuando gran parte de la investigación pionera se llevó a cabo en el M.I.T. Los conceptos del comportamiento sistémico de retroalimentación se emplean profusamente desde los sistemas físicos hasta los sistemas sociales. Las ideas de sistemas de retroalimentación se desarrollaron y se aplicaron por primera vez en los sistemas de ingeniería. La comprensión de los sistemas (de retroalimentación) de lazo cerrado ha logrado una utilidad práctica en los sistemas sociales.

Hablo del campo profesional de la *dinámica de sistemas*. Se ha aplicado la dinámica de sistemas en la política corporativa, en el comportamiento de diabetes como sistema médico, en el crecimiento y estancamiento de áreas urbanas y en las fuerzas mundiales que representan las interacciones de la población, contaminación, industrialización, recursos naturales y alimentos.

El desarrollo de la dinámica de sistemas se inició en el M.I.T. en 1956. El desarrollo de la dinámica de sistemas se ha difundido en muchos países. La Sociedad Internacional de Dinámica de Sistemas y su periódico System Dynamics

Review, unifican el trabajo realizado en la profesión. En la actualidad existen docenas de libros y cientos de artículos sobre la dinámica de sistemas y sus aplicaciones.³

II. LOS MODELOS COMPUTACIONALES DE LOS SISTEMAS SOCIALES

La gente nunca enviaría una nave espacial a la luna sin antes hacer pruebas con prototipos y simulaciones computacionales de trayectorias anticipadas. Ninguna compañía iniciaría la producción de aparatos domésticos o de aeroplanos sin antes hacer pruebas en laboratorios. Tales modelos y pruebas de laboratorio no tienen garantía contra futuros errores, pero sí identifican muchas debilidades que se pueden corregir antes de que éstos provoquen desastres a gran escala.

Los sistemas sociales son mucho más complejos y difíciles de entender que los sistemas tecnológicos. ¿Por qué entonces no usamos el mismo enfoque de producir modelos de sistemas sociales y conducir experimentos de laboratorio antes de poner nuevas leyes y programas de gobierno? La respuesta de rigor supone que nuestro conocimiento sobre los sistemas sociales no es el suficiente para construir modelos útiles.

Pero, ¿qué justificación puede existir para suponer que no sabemos lo suficiente para construir modelos de sistemas sociales cuando por otro lado sí creemos que sabemos lo suficiente para rediseñar directamente sistemas sociales aprobando las leyes e iniciando nuevos programas? Yo sugiero que en realidad ahora sí sabemos lo suficiente para construir modelos útiles de sistemas sociales. Sin embargo, no sabemos lo suficiente como para diseñar directamente las políticas sociales más efectivas sin pasar primero por una fase experimental de construcción de un modelo. Existe mucha evidencia que afirma que el uso apropiado de los modelos de sistemas sociales pueden conducir a mejores sistemas, leyes y programas.

Ahora sí se pueden construir modelos de laboratorio realistas de sistemas sociales. Tales modelos son simplificaciones de sistemas actuales, sin embargo, los modelos computacionales pueden ser aún más comprensivos que los modelos mentales que de otro modo podrían ser usados.

Antes de seguir adelante, por favor comprenda que no hay nada nuevo en el uso de modelos para representar los sistemas sociales. Cada uno de nosotros usa los

³ La Sociedad de Dinámica de Sistemas cuenta con una bibliografía de más de 3000 entradas en discos de computadora, 49 Bedford Road, Lincoln, MA 01773, USA. 617/259-8259 o fax: 617/259-0969.

modelos constantemente. Cada persona, ya sea en su vida privada o en el negocio recurre a los modelos para tomar decisiones. Las imágenes mentales en nuestras cabezas en relación con nuestro entorno son modelos. En nuestra cabeza no hay familias reales, negocios, ciudades, gobiernos o países. Uno usa conceptos y relaciones seleccionados para representar sistemas reales. Una imagen mental es un modelo. Todas las decisiones se toman en base a los modelos. Todas las leyes son aprobadas en base a los modelos. Todas las medidas ejecutivas se toman basándose en modelos. La pregunta no es si se usan o se ignoran los modelos. La pregunta es sólo una elección entre modelos alternativos.

Los modelos mentales son confusos, incompletos e imprecisos. Además, ya en tan sólo una persona los modelos mentales cambian con el tiempo e incluso durante una conversación. La mente humana ensambla unas cuantas relaciones para ajustar el contexto de una discusión. Cuando cambia el debate, también lo hacen los modelos mentales. Aún cuando se está hablando de un tema sencillo, cada participante en una conversación usa un modelo mental diferente para interpretar el tema. Las asunciones fundamentales varían pero nunca se analizan abiertamente. Las metas son distintas pero dejan de establecerse.

No es nada sorprendente que se tarde tanto en alcanzar un compromiso. Y aún cuando se llega al consenso, las asunciones fundamentales pueden ser falacias que conduzcan a programas y leyes que fracasan. La mente humana no está adaptada para comprender correctamente las consecuencias que implica un modelo mental. Un modelo mental puede tener una estructura correcta al igual que asunciones pero, aún así, la mente humana--ya sea individual o como un consenso de grupo-- puede provocar implicaciones erróneas en el futuro.

Es obvia la falta de capacidad que tiene la mente humana en el uso de sus modelos mentales cuando un modelo computacional es construido para reproducir las suposiciones del modelo mental de una persona. El modelo computacional se refina hasta que éste coincide completamente con las percepciones de una persona o grupo en particular. Entonces, por lo general, el sistema que se ha descrito no reacciona de la forma que la gente lo esperaba. Existen contradicciones internas en los modelos mentales entre la estructura supuesta y las consecuencias futuras supuestas. Normalmente las suposiciones sobre la estructura y las políticas gobernantes internas son mucho más correctas que aquellas hechas sobre el comportamiento implicado.

Contrario a los modelos mentales, los modelos de simulación de dinámica de sistemas son más explícitos sobre las suposiciones y sabe cómo éstas se interrelacionan entre ellas. Cualquier concepto que se pueda describir claramente con palabras puede incorporarse en un modelo computacional. La construcción

de un modelo computacional obliga a la clarificación de ideas. Las suposiciones confusas y ocultas se exponen de tal manera que se puedan examinar y discutir.

La principal ventaja de un modelo de simulación computacional sobre el modelo mental consiste en la forma en que un modelo computacional pueda determinar con fiabilidad las consecuencias dinámicas futuras de cómo interactúan entre sí las suposiciones en el modelo. Por supuesto es necesario que una computadora digital esté simulando, de manera precisa, las acciones que provienen de la estructura y de las políticas en un modelo.

De alguna manera, los modelos computacionales son muy similares a los modelos mentales. Los modelos computacionales se derivan de los mismos medios; pueden considerarse bajo los mismos términos. Sin embargo, los modelos computacionales se diferencian de los modelos mentales en importantes aspectos. Los modelos computacionales están establecidos de manera explícita. La notación "matemática" empleada para describir los modelos computacionales no es nada ambigua. El lenguaje de la simulación computacional es más claro, más sencillo y más preciso que los lenguajes orales. Las instrucciones computacionales poseen claridad en el significado y sencillez en la sintaxis del lenguaje. Cualquier persona puede entender el lenguaje de un modelo computacional, sin importar el nivel académico. Además, cualquier concepto que se pueda establecer claramente en el idioma común puede traducirse al lenguaje computacional.

Existen muchos enfoques en los modelos computacionales. Algunos son naïf. Algunos son conceptualmente inconsistentes con la naturaleza de los sistemas actuales. Algunos se basan en metodologías para obtener datos de entrada que comprometan a los modelos a evitar relaciones con las áreas psicológicas y humanas que sabemos son críticas. Con tanta actividad en los modelos computacionales y sabiendo que la misma terminología tiene diferentes definiciones en los diferentes enfoques, la situación se torna confusa para un observador casual. La clave del éxito no está en tener una computadora; lo importante es qué uso se le da. Con respecto a los modelos, la clave no es computarizar un modelo, sino, por el contrario, tener una estructura del modelo y políticas de toma de decisiones que representen propiamente el sistema que está siendo considerado.

Estoy hablando de los modelos de dinámica de sistemas—el tipo de modelos computacionales que ahora se están usando ampliamente en las ciencias sociales. Los modelos de dinámica de sistemas no se derivan estadísticamente de datos de series de tiempo. Por el contrario, son informes sobre la estructura del sistema y las políticas que guían las decisiones. Dentro de los modelos están las suposiciones que se hacen sobre un sistema. La efectividad del modelo depende del experto que lo formula. Un buen modelo computacional se distingue de uno

malo por el grado en el que captura la esencia de un sistema que representa. Muchos otros tipos de modelos matemáticos son limitados pues no aceptarán la naturaleza no-lineal y de lazo de retroalimentación múltiple de los sistemas reales.

Por otro lado, los modelos computacionales de dinámica de sistemas pueden reflejar el comportamiento de los sistemas actuales. Los modelos de dinámica de sistemas surgen y demuestran por qué han fracasado tantos esfuerzos por mejorar los sistemas sociales. Se pueden construir modelos muy superiores a aquellos modelos intuitivos de las personas en los que están basados programas sociales nacionales actuales.

La dinámica de sistemas se diferencia de la práctica común de las ciencias sociales y del gobierno en dos formas. Otros enfoques suponen que la principal dificultad para entender los sistemas se debe a la escasez de información y falta de datos. Una vez que se recopilan los datos, la gente se confía al interpretar las implicaciones. Yo me opongo a estas dos actitudes. El problema no es la falta de datos sino la falta de capacidad para percibir las consecuencias de la información que ya tenemos. El enfoque de la dinámica de sistemas comienza con conceptos e información en los cuales la gente ya está trabajando. Por lo general, es suficiente la información disponible sobre la estructura de sistemas y las políticas de la toma de decisiones. La información disponible se incluye en un modelo computacional que muestre las consecuencias del comportamiento de las partes conocidas de un sistema. Generalmente, el comportamiento es diferente a lo que la gente ya supone.

III. NATURALEZA CONTRAINTUITIVA DE LOS SISTEMAS SOCIALES

Nuestras primeras indagaciones en los sistemas sociales complejos surgieron del trabajo corporativo. De vez en cuando visitábamos corporaciones que estaban sufriendo problemas severos y muy conocidos. Los problemas eran obvios, tales como la caída del mercado, ganancias escasas o inestabilidad del empleo. Todos en la empresa conocían estos problemas y eran tratados en la prensa financiera.

Uno puede entrar a una compañía que tiene problemas y comentar con la gente las causas y las soluciones de sus problemas. Descubrimos que la gente percibe de forma razonable y correcta su entorno inmediato. Saben lo que están tratando de lograr. Conocen las crisis que obligarán a tomar ciertas medidas. Es gente sensible a la estructura de poder de la organización, a las tradiciones y a sus propias metas personales y bienestar. Cuando las circunstancias de una entrevista conducen a revelaciones francas, la gente establece lo que está haciendo y da razones lógicas de sus acciones. En una compañía con problemas, la gente, por lo

general, actúa de buena fe y pone todo su empeño en resolver los problemas principales. Según la política, ellos creen remediar el problema. Uno puede combinar la política establecida en un modelo computacional para mostrar las consecuencias de cómo interactúan las políticas entre sí. En muchos casos, las políticas conocidas describen un sistema que en realidad es el que causa los problemas observados. En otras palabras, las prácticas conocidas e intencionadas de la organización son suficientes para crear el problema que está pasando. Por lo general, los problemas son achacados a circunstancias externas, pero un análisis dinámico a menudo muestra cómo las políticas internas causan los problemas. De hecho, se puede desarrollar un espiral descendiente en el cual las supuestas soluciones empeoran los problemas y por lo tanto intensifican los factores clave que están causando el problema.

La misma espiral descendiente se desarrolla frecuentemente en el gobierno. El juicio y el debate conducen a un programa que parece ser bien fundado. Crece el compromiso de una solución aparente. Si la supuesta solución en realidad empeora las cosas, el proceso que provoca la degradación no es evidente. Así que, cuando los problemas crecen, los esfuerzos en realidad empeoran la situación.

IV. DINAMICA DE SISTEMAS URBANOS

Nuestra primera gran excursión fuera de la política corporativa comenzó en Febrero de 1969, cuando John F. Collins, ex-alcalde de Boston, ingresó al MIT como Profesor de Asuntos Urbanos. El y yo comentamos mi trabajo sobre dinámica de sistemas y su experiencia con los problemas urbanos. Una colaboración estrecha hizo posible que aplicáramos en las ciudades los mismos métodos que se crearon para la comprensión de las corporaciones. La estructura del modelo representaba los procesos urbanos fundamentales. La estructura del modelo computacional mostró cómo la industria, el hogar y la gente interactúan entre sí a medida que la ciudad crece o decae. Los resultados están descritos en mi libro *Urban Dynamics* (Forrester, 1969).

Anteriormente no había trabajado con el comportamiento urbano, pero la historia que surgía del modelo urbano era sorprendentemente similar a lo que habíamos visto en las corporaciones. Se creía que el arreglar los problemas de una ciudad en realidad podrían empeorar las cosas. Examinamos cuatro programas comunes para mejorar la naturaleza depresiva de las ciudades centrales. El primero consistía en la creación de trabajos transportando en autobús a los desempleados a trabajos suburbanos o mediante trabajos gubernamentales como empleados de último recurso. El segundo era un programa de capacitación para aumentar las habilidades de los grupos menos solventes. El tercero era dar apoyo financiero a

las ciudades de escasos recursos mediante subsidios federales. El cuarto fue la construcción de vivienda económica. Todos estos programas eran conocidos por haber dado resultados entre neutrales y muy perjudiciales independientemente del criterio que se hubiera utilizado para su diagnóstico. Los resultados de los cuatro programas variaban entre la ineficacia y lo perjudicial según su efecto en la salud económica de una ciudad o su efecto a gran escala en la población económicamente débil. Todos los resultados confirman y explican mucho de lo que ha pasado en las últimas décadas en las ciudades.

La investigación mostró cómo las áreas de escasos recursos en las ciudades son consecuencia del exceso de vivienda económica y no de la comúnmente supuesta crisis de vivienda. Las estructuras legales y de impuesto se han combinado para estimular la conservación de edificios antiguos. A medida que los edificios industriales envejecen las oportunidades de empleo decaen. A medida que los edificios residenciales envejecen, éstos son ocupados por grupos económicamente débiles que se ven forzados a ocuparlos sobre poblándolos. Por lo tanto, los edificios antiguos provocan la disminución de empleo y el aumento de población. La vivienda, en términos de sobrepoblación, da cabida a más población económicamente débil pero no a empleos. Se crea una trampa social en donde la vivienda económica atrae gente económicamente débil debido a la disponibilidad de vivienda. Los desempleados continúan viniendo a la ciudad hasta que el número de éstos excede la cantidad de trabajos disponibles provocando el decaimiento del nivel de vida hasta el punto de frenar la inmigración. En consecuencia, los ingresos en el área son demasiado bajos para mantener todas las viviendas. Un número excesivo de viviendas cae en el abandono. Existe el exceso de población en aquellos edificios ocupados, mientras que otros son abandonados pues la economía del área no puede soportar todas las estructuras residenciales. El exceso de edificios residenciales amenazan el área por dos razones — ocupan terreno, privando su uso para edificios que crean empleo, y atraen una población que necesita trabajo.

Cualquier cambio, que, de otra manera, aumentaría el nivel de vida, suspende la presión económica por un tiempo y hace que la población aumente lo suficiente como para que el nivel de vida de nuevo caiga en un nivel apenas tolerable. Se está desarrollando un sistema autoreglamentario que conduce la condición de las áreas de escasos recursos de tal manera que puedan detener la entrada de más población.

Siempre existe un casi-equilibrio que afecta la movilidad de la población entre diferentes áreas de un país. Que haya un desequilibrio, significa que algún área es ligeramente más atractiva que otras y que la población comienza a moverse en dirección hacia el área más atractiva. El movimiento continúa hasta que la creciente población deteriora este atractivo para de nuevo estar en equilibrio con

sus alrededores. Manteniendo las otras circunstancias en igualdad de condiciones, el aumento de población en una ciudad satura la vivienda, disminuye las oportunidades de trabajo, provoca congestionamientos, aumenta la contaminación, motiva al crimen, y reduce cada componente de la calidad de vida.

Una circunstancia dinámica poderosa establece el equilibrio entre todas las áreas en su atractivo total. Cualquier programa social propuesto debería tener en cuenta los cambios eventuales que puedan ocurrir en muchos de los componentes de la atracción. Como se emplea aquí, la atracción es el efecto compuesto de todos los factores que mueven la población hacia o fuera del área. La mayoría de las áreas en un país tienen casi siempre el mismo atractivo, con tan sólo el desequilibrio suficiente en la atracción que represente los cambios en la población. Sin embargo, las áreas pueden tener los mismos atractivos compuestos con diferentes mezclas en los componentes de la atracción. En un área, el componente A podría ser alto y el B, bajo, mientras que lo opuesto funcionaría en otra área que no obstante, tenía la misma cantidad de atracción compuesta. Si un programa hace algún aspecto del área más atractivo que el del vecino, y por lo tanto, aumenta el atractivo total por un momento, la población del área aumenta hasta que otros componentes de la atracción se reducen lo suficiente como para establecer un equilibrio. Los principales esfuerzos por mejorar alguna condición de una ciudad se enfocan en aumentar la población hasta que otras condiciones se deterioran para reestablecer un equilibrio. La condición total de la vida urbana, para cualquier clase económica de la población, no puede ser mejor o peor que aquella del resto del país a la cual o de la cual viene la gente. Los programas dirigidos a la mejora de una ciudad pueden triunfar sólo consiguen aumentar eventualmente la calidad promedio de vida para todo el país.

V AUMENTO DE LA CALIDAD DE VIDA

Existe una duda sustancial de que los programas urbanos hayan estado contribuyendo a la calidad nacional de vida. Concentrando la población en lugares urbanos, deteriorando la cohesión entre las comunidades y aumentando tanto la burocracia del gobierno hasta el punto en que las personas se sienten impotentes no hace más que reducir la calidad de vida.

Cualquier programa propuesto debe estar relacionado tanto con la calidad de vida como con los factores que afectan a la población. "El aumentar la calidad de vida" significa soltar la tensión de la muchedumbre, reducir la contaminación, mitigar el hambre y tratar las enfermedades. Pero estas presiones son las influencias que controlan el movimiento de la población. Si no hay presión, la población se irá hasta que surja otra presión para detener la entrada de población. El aumentar un componente de calidad de vida sin crear intencionalmente

presiones opuestas y así prevenir el aumento de población será algo contraproducente.

Considere el significado del interactuar los componentes de atractivo a medida que afectan a un área-gueto pobre de una ciudad. Primero debemos entender la forma en que la densidad de población se está controlando. Existe un grupo de circunstancias que determinan el por que la densidad de población no es ni más alta ni más baja de lo que es. Hay muchas combinaciones posibles de circunstancias que un área urbana puede emplear. La combinación particular determinará la mezcla de población y la salud económica de una ciudad. Las áreas de escasos recursos de la mayoría de las ciudades norteamericanas están formadas por una combinación de circunstancias en las cuales existe una crisis de trabajo y un exceso de vivienda. La disponibilidad de la vivienda atrae los grupos económicamente débiles hasta que sobrepasan las oportunidades económicas del área de manera que el bajo nivel de vida, la frustración y la tasa de crimen compensan con la disponibilidad de vivienda. Poco se puede hacer para mejorar la condición económica de una ciudad del interior si no se reduce el exceso de vivienda. Un solo programa de vivienda económica se dirige exactamente a la dirección equivocada. Atrae más gente de bajos ingresos. Hace el área más atractiva para la gente pobre que necesita empleo y menos atractiva para aquellos que crean los empleos. En el nuevo equilibrio de población que se desarrolla, algunas características del sistema social deben compensar la atracción adicional creada por la vivienda económica. La compensación es más bien un descenso de la condición económica del área. Desafortunadamente, a medida que el área está más desamparada, surge la presión de tener más vivienda económica. La consecuencia es un espiral descendente que atrae a la población de bajos ingresos, presiona su condición económica, evita la fuga y reduce la esperanza. Todo esto se hace con la mejor de las intenciones.

Mi artículo, "Análisis de Sistemas como una Herramienta para la Planificación Urbana" (Forrester, 1969), presentado en un simposium en Octubre de 1969, en la Academia Nacional de Ingeniería, sugiere un retroceso de la práctica actual reduciendo simultáneamente las antiguas viviendas y las ciudades en decadencia y asignando a su vez terrenos para aquellas oportunidades donde hay ingresos. El terreno otorgado a la industria permite el "balance del comercio" de un área que será corregida, creando y exportando mediante el trabajo, productos que generen ingresos que cubran las necesidades de la vida moderna desde el exterior. La reducción concurrente del exceso de vivienda es absolutamente esencial. Proporciona el terreno para estructuras de nuevos trabajos. También es importante mencionar que la reducción de vivienda crea una presión estabilizadora de la población que permite el reestablecimiento económico para continuar sin la inundación de la creciente población. El reestablecimiento de un área urbana se puede llevar a cabo sin sacar del área a los actuales residentes de

bajos ingresos. Las políticas del reestablecimiento deben crear una movilidad económica ascendente para convertir a la población de bajos ingresos en una base independiente.

Mucha gente, al principio, cree que estas políticas de reestablecimiento de tener menos viviendas económicas y condiciones que favorezcan los negocios para crear empleos, no serán aceptadas por funcionarios o residentes de las áreas urbanas de bajos recursos. Sin embargo, ha surgido un fuerte apoyo de aquellos grupos cercanos a los síntomas, quienes han presenciado los fracasos del pasado y quienes deben resistir las condiciones presentes hasta que se encuentren soluciones duraderas.

El país ha introducido políticas a corto plazo para administrar las ciudades que están formando parte de ese sistema que genera problemas aún mayores. Si fuésemos malintencionados y quisiésemos formar barrios pobres, aprisionar a la gente de ingresos bajos en áreas gueto y aumentar el número de personas de beneficiencia social, no podríamos hacer algo mejor que seguir las políticas actuales. La tendencia a enfatizar el impuesto sobre la renta y el impuesto sobre la venta y no el impuesto sobre los bienes raíces, hace que los edificios viejos permanezcan en su lugar evitando su renovación. Las concesiones de las leyes del impuesto sobre la renta que estimulan la vivienda económica, en realidad aumentan, a largo plazo, la población de la clase baja. Los gastos en carreteras y los préstamos gubernamentales de las áreas residenciales han hecho posible que los grupos de la clase alta dejen las áreas urbanas en lugar de reconstruirlas. La expansión de las áreas incorporadas en el gobierno urbano, en un esfuerzo por aumentar la base de ingresos, ha sido más que una compensación por la disminución de la eficiencia administrativa, la gran frustración de ciudadanos y el descenso acelerado provocado en las áreas anexas. La creencia de que el dinero solucionará los problemas urbanos ha hecho que se olviden de corregir las causas fundamentales y por el contrario permite que los problemas crezcan hasta llegar al límite del presupuesto.

VI. CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS SOCIALES

Muchas características de los sistemas sociales confunden a la gente. Ese comportamiento que la gente no se espera surge en los sistemas corporativos y urbanos así como en las presiones mundiales que en la actualidad envuelven el planeta. Tres comportamientos contra-intuitivos de los sistemas sociales son especialmente peligrosos.

Primero, los sistemas sociales son totalmente insensibles a la mayoría de los cambios que la gente elige en un esfuerzo por alterar el comportamiento de los

sistemas. De hecho, los sistemas sociales llaman la atención a tal grado que sería inútil tratar de intervenir. La intuición humana se desarrolla al tener contacto con los sistemas simples. En los sistemas simples, la causa del problema está muy relacionada, en tiempo y espacio, con los síntomas del problema. Si uno toca una estufa caliente, uno se quema al instante; la causa es obvia. Sin embargo, en los sistemas dinámicos complejos, las causas a menudo no tienen relación, en tiempo y espacio, con los síntomas. Las causas verdaderas pueden no tener relación con el tiempo pero si surgen de una parte totalmente diferente del sistema en donde se presenta el síntoma. Sin embargo, el sistema complejo puede ser confuso al presentar una causa aparente que reúne las expectativas derivadas de los sistemas simples. Una persona se dará cuenta de cuáles parecen ser las causas más cercanas a los síntomas tanto en tiempo como en espacio—poco antes en tiempo y cercano al síntoma. Sin embargo, las causas aparentes son generalmente coincidencias que, al igual que el síntoma del problema en sí, son producidas por la dinámica de lazo de retroalimentación de un sistema más grande. Por ejemplo, el sufrimiento humano en las ciudades va acompañado (algunos piensan que es causado) por la vivienda inadecuada. Como resultado, se eleva la vivienda y la población crece a pesar de los esfuerzos. Mucha gente está aprisionada en el deprimente sistema urbano. Otro ejemplo, los síntomas de la población excesiva ya comienzan a ensombrecer todos los países. Los síntomas comienzan con el agolpamiento urbano y la presión social. En lugar de enfrentarse al problema creciente de población, los gobiernos tratan de aligerar las presiones inmediatas ofreciendo apoyo financiero, más policías, transporte escolar y subsidiando servicios de salud. Como consecuencia, la creciente población reduce la calidad de vida de cada individuo.

Segundo, los sistemas sociales aparentemente tienen unos cuantos aspectos influyentes con los cuales pueden cambiar el comportamiento. Estos aspectos altamente influyentes no son lo que la mayoría de la gente espera. Además, cuando se identifica una política altamente influyente, existen más probabilidades de que las personas que se guían por intuición o por su juicio, desviarán totalmente el sistema en la dirección equivocada. Por ejemplo, en un sistema urbano la vivienda es un aspecto de control influyente pero, si nuestro deseo es convertir la ciudad en un mejor lugar para la gente de la clase baja y demás, lo mejor sería reducir la vivienda económica en lugar de aumentarla. Otro ejemplo es el problema mundial de la población creciente y la disparidad entre los estándares de vida en los países desarrollados y subdesarrollados. Los modelos de dinámica de sistemas dicen que algunos aspectos de control influyentes para aumentar la calidad de vida mundialmente, existen en la tasa de generación de inversión de capital y en la producción de alimentos, pero esa expansión de la industrialización y producción de alimentos son las direcciones contraproducentes, ambas deben ser restringidas. La respuesta común al desastre mundial ha sido el aumento de la industrialización y la producción de alimentos,

así que sería conveniente reducir este aumento si se tiene la esperanza de mejoras a largo plazo. Contrario a las expectativas intuitivas, el evitar las prácticas actuales podría aumentar la calidad de vida y contribuir a la estabilización de la población.

Tercero, los sistemas sociales muestran un conflicto en las consecuencias a corto y largo plazo de un cambio de política. Una política que produce mejoras a corto plazo, por lo general degrada un sistema a largo plazo. De igual forma, las políticas que producen mejoras a largo plazo pueden, en un principio, deprimir el comportamiento de un sistema. Esto es especialmente engañoso. El corto plazo es más visible y más convincente. Las presiones a corto plazo son muy obvias. Sin embargo, las secuencias de las acciones dirigidas a la mejora a corto plazo pueden deprimir tan severamente al sistema que ni las medidas heroicas a corto plazo son suficientes. Muchos de los problemas que se enfrentan en la actualidad son los resultados cumulativos de las medidas a corto plazo tomadas en las décadas anteriores.

VII. UNA PERSPECTIVA GLOBAL

Después de hablar sobre las organizaciones sociales en las corporaciones y en las ciudades, el siguiente tema es un sistema mundial mucho más grande.

En Julio de 1970, tuvimos en el MIT una conferencia internacional de dos semanas sobre la dinámica mundial. Se organizó una junta para el Club de Roma, un grupo privado de casi 100 personas que acudieron de muchos países, y quienes asistieron con la intención de lograr una mejor comprensión de los problemas mundiales. Su inquietud era básicamente las interacciones de la población, recursos, industrialización, contaminación y las desigualdades mundiales del estándar de vida. La agenda de Julio incluía la teoría y el comportamiento de los sistemas complejos y comentarios sobre sistemas sociales específicos vistos en las corporaciones, mercados de mercancías, sistemas biológicos, drogadicción, reducción de los recursos naturales, así como en el crecimiento y baja de las ciudades. Un modelo dinámico, especialmente preparado para la conferencia, mostró interacciones entre la población mundial, la industrialización, la reducción de los recursos naturales, la agricultura y la contaminación. El *World Dynamics* (Forrester 1971) comenta de manera detallada el modelo mundial. El modelo fue refinado en el "Proyecto sobre el Predicamento de la Humanidad" presentado por el Club de Roma en el MIT (Donella Meadows y otros, 1972; Dennis Meadows y otros, 1973 y 1974).

El modelo de las interacciones mundiales mostró distintos futuros alternativos dependientes en la adopción de políticas sociales para limitar el crecimiento de la

población al tiempo que se pueda tener un alto estándar de vida o si el futuro es ignorado hasta que la población se vea afectada por la contaminación, sobrepoblación, enfermedades, escasez de agua y de recursos, lucha social, hambre. Malthus sólo trató este último; sin embargo, es posible que la civilización encuentre otras presiones controladoras antes de que surja la escasez de alimentos.

Si los factores persuasivos o psicológicos no limitan la población y la industrialización, lo harán la escasez de recursos, la contaminación, la sobrepoblación, las enfermedades, la falta de alimento, la guerra o algún otro aspecto igualmente poderoso. El crecimiento exponencial no puede continuar. Con las actuales tasas de crecimiento de población, en menos de 400 años sólo quedará una yarda cuadrada por persona. Nuestro más grande reto es llevar a cabo la transición del crecimiento al equilibrio. Existen muchos mecanismos posibles para evitar el crecimiento. El que las tasas de crecimiento actuales de población e industrialización se detendrán, es algo inevitable. Si no optamos por elegir procesos favorables para limitar el crecimiento, los sistemas sociales y ambientales nos elegirán a nosotros mediante sus procesos internos. Aquellos mecanismos naturales que terminarían el crecimiento exponencial son los menos deseados. A menos que el mundo entienda y empiece a actuar rápido, la civilización será aplastada por aquellas fuerzas que hemos creado pero que ya no podemos controlar.

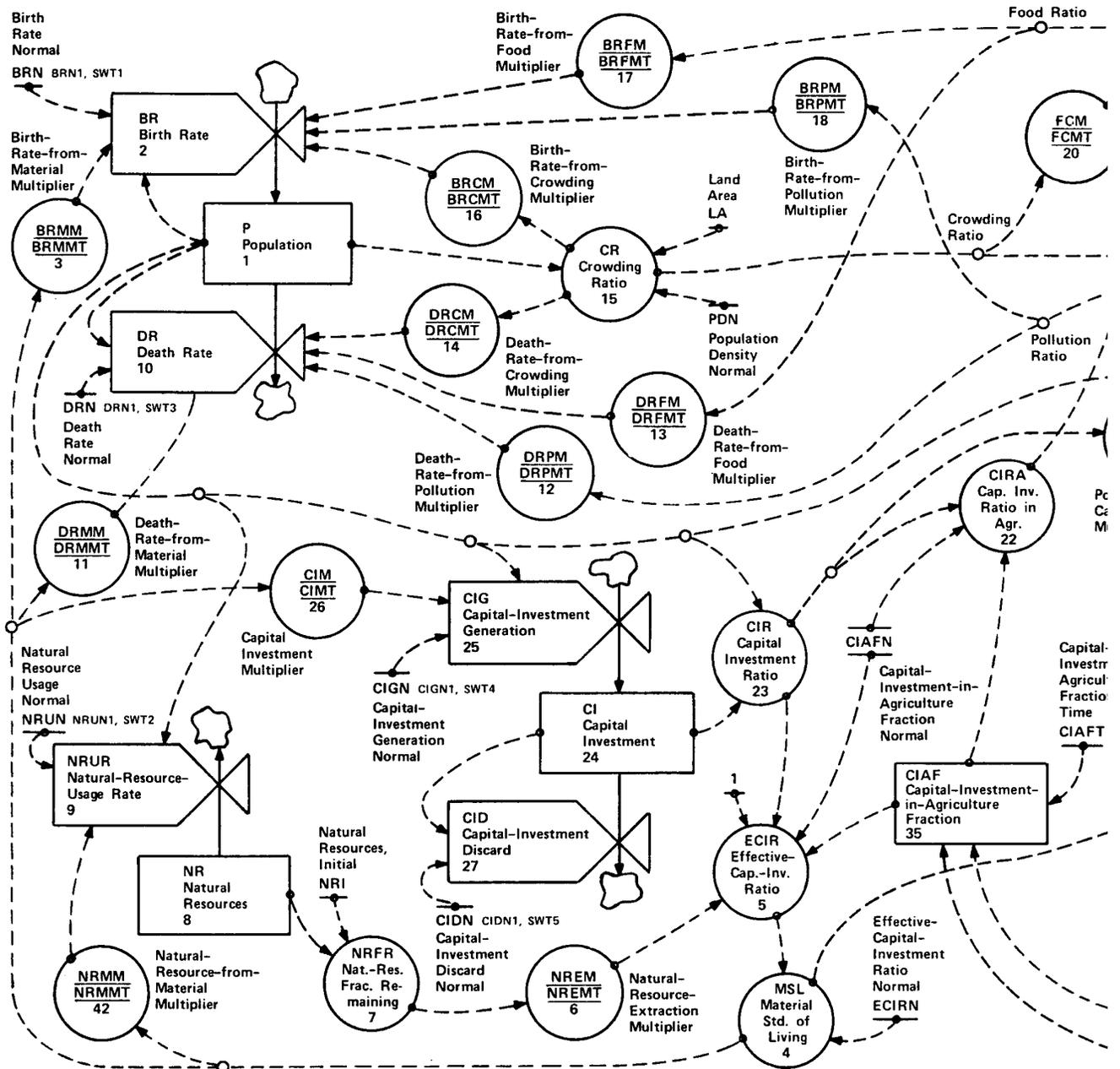
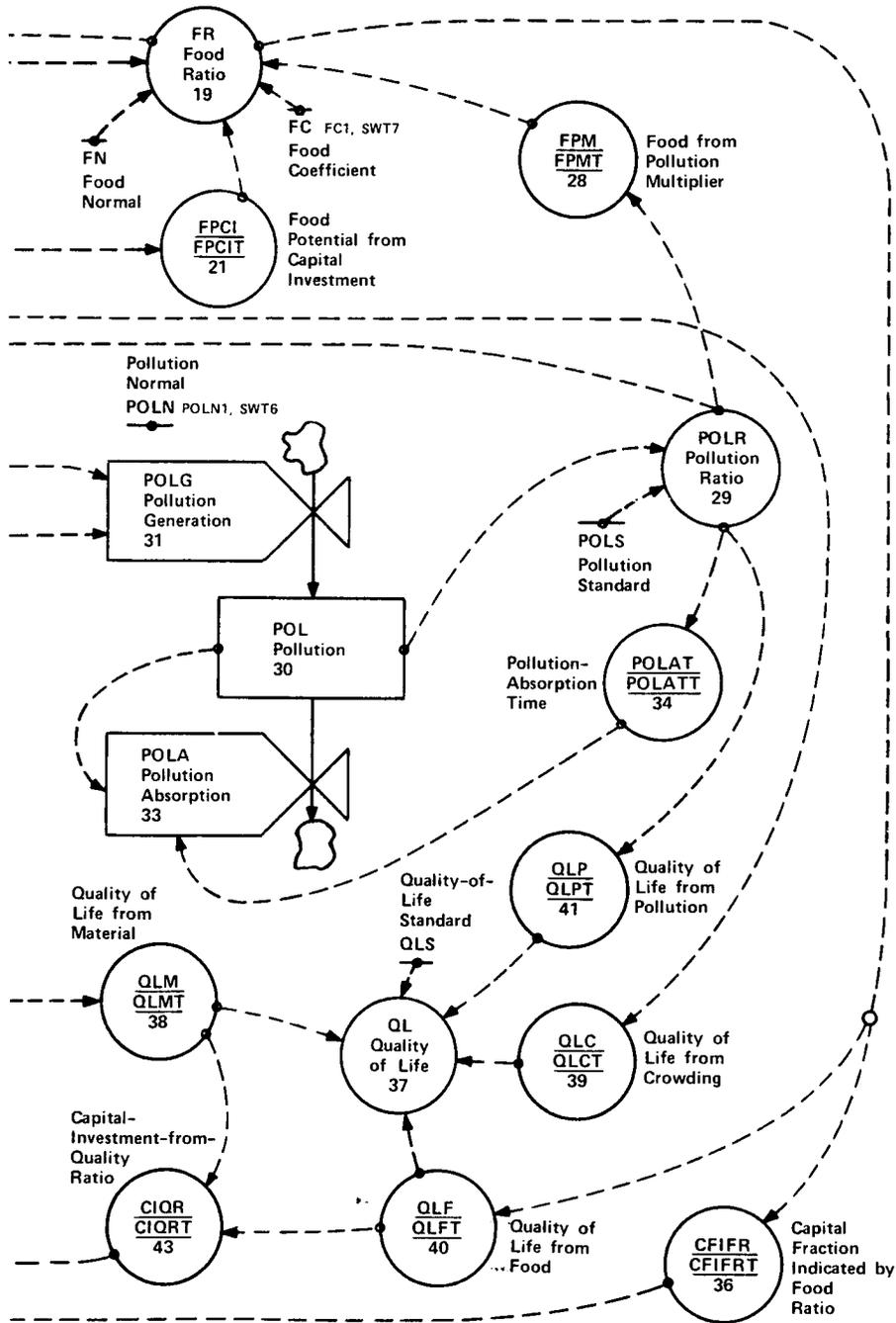


Figura 1. Este modelo mundial es una base inicial para analizar el efecto de la población cambiante y del crecimiento económico en los siguientes 50 años. El modelo incluye interrelaciones de población, inversión de capital, recursos naturales, contaminación y agricultura.



La figura 1 (Forrester, 1971) interrelaciona los efectos mutuos de la población, la inversión de capital, los recursos naturales, la contaminación y la agricultura como los cinco “niveles” del sistema mostrados en rectángulos. Cada nivel cambia según las tasas de flujo de entrada y salida, de la misma manera que la natalidad y mortalidad aumenta y disminuye la población. La línea punteada controla las tasas de flujo mediante los conceptos intermedios mostrados en los círculos. Por ejemplo, la mortalidad en el Símbolo 10 depende de la población P y del tiempo de vida “normal”, como lo establece la mortalidad normal (MN). Pero la mortalidad también depende de las condiciones de otras partes del sistema. El Círculo 12 representa la influencia de la contaminación que afirma que la mortalidad se duplicará si la contaminación es 20 veces mayor a la de 1970; y así, progresivamente, esa mortalidad se aumentaría por un factor de 10 si la contaminación es 60 veces mayor. De igual forma, en el Círculo 13, el efecto de alimento per capita aumenta la mortalidad a medida que el alimento se escasea. La definición detallada del modelo establece cómo cada tasa de flujo depende de los niveles de población, de los recursos naturales, de la inversión capital, del capital asignado a la agricultura y de la contaminación.

Individualmente, las suposiciones de los modelos son convincentes, no provocan gran desacuerdo, y reflejan comentarios y aciertos comunes acerca del sistema mundial. Cada suposición es explícita y puede estar sujeta a estudio. Desde un punto de vista, el sistema de la Figura 1 es muy sencillo. Se enfoca en unos cuantos factores importantes y omite gran parte de la subestructura de la actividad social y económica mundial. Pero desde otro punto de vista, la Figura 1 es comprehensiva y compleja. El sistema es mucho más completo y la teoría descrita por el modelo computacional adjunto es mucho más explícita que la de los modelos mentales que son la base para la planificación del gobierno y del mundo. El modelo incorpora muchas relaciones no lineales. El sistema mundial aquí presentado muestra posibilidades provocativas y hasta aterradoras.

Con el uso de un modelo de dinámica de sistemas, una computadora puede mostrar cómo se comportaría según cada una de sus partes un sistema. Dado el conjunto de condiciones iniciales, la computadora puede calcular y trazar aquellos resultados que se revelan con el tiempo. El mundo en la actualidad entra a una condición en la cual las presiones aumentan simultáneamente debido a las influencias que evitan el crecimiento—escasez de recursos (especialmente el agua y la energía), contaminación, sobrepoblación e insuficiencia de alimentos. Aún se desconoce cuál fuerza del ambiente dominará si la humanidad continua igual.

La Figura 2 muestra el modo de comportamiento de este sistema de modelo si la industrialización se ve afectada por la baja de recursos naturales. El sistema del modelo comienza calculando las condiciones en 1900. Se hicieron ajustes de tal manera que los caminos generados aguantaran las condiciones estimadas de 1970.

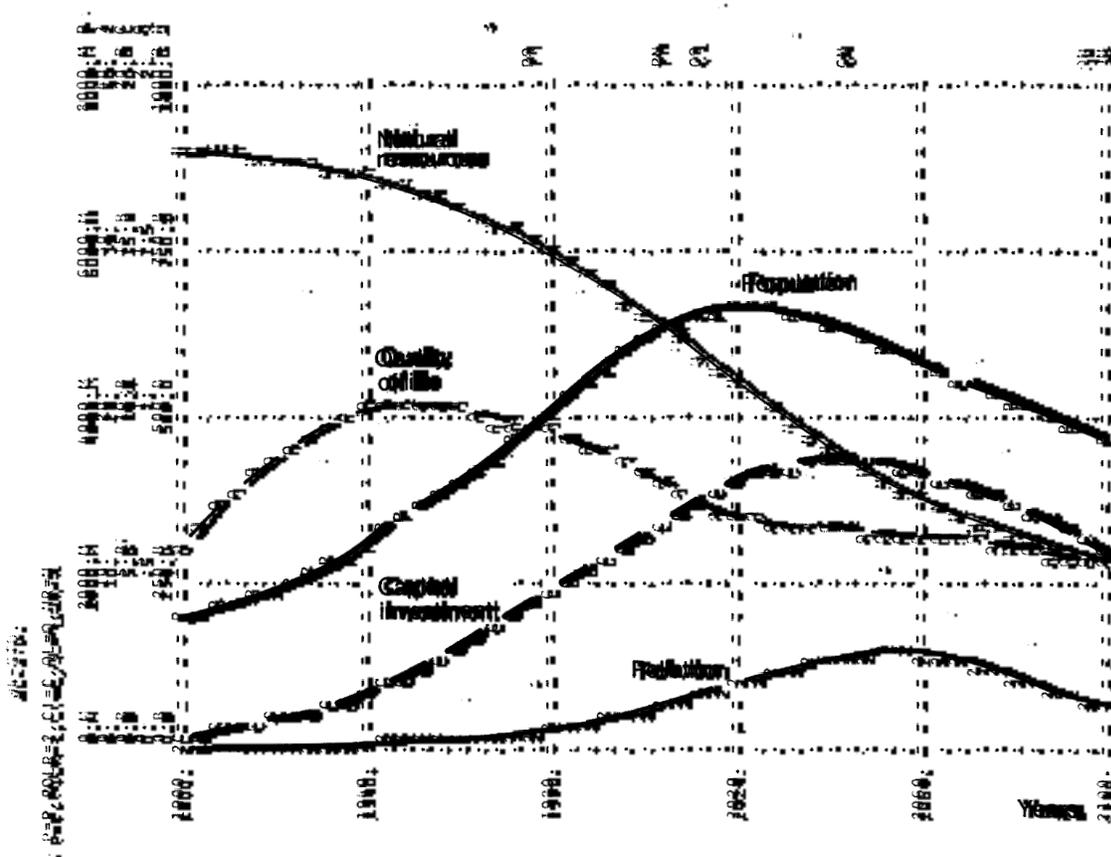


Fig. 2. Comportamiento básico del modelo mundial muestra el modo en el que la industrialización y la población se ven afectadas por la falta de recursos naturales.

En la Figura 2, la calidad de vida llega hasta el año 1950 y en el año 2020, cae a tal grado que detiene el aumento de población. Los recursos en decadencia y la caída subsiguiente a la inversión de capital ejerce una fuerte presión para reducir gradualmente la población mundial.

VIII. LAS POLITICAS ATRACTIVAS PUEDEN CREAR DESASTRES

Podemos no tener la suficiente fortuna como para perder los recursos naturales de forma gradual. La ciencia y la tecnología saben encontrar la manera de usar los metales más abundantes y la energía atómica para así evitar la escasez. De ser así, queda el camino abierto al surgimiento de otra presión anti-crecimiento. La Figura 3 muestra lo que sucede si se evita la escasez de recursos. Aquí el único cambio comparado con la Figura 2, es el ritmo de uso de los recursos naturales después de 1970. En la Figura 3, los recursos son utilizados, después de 1970, en un 75 % menos que en la Figura 2. En otras palabras, el nivel de vida se mantiene con una menor escasez de los recursos expandibles e insustituibles. ¡Pero la imagen es aún menos atractiva! Al no carecer de recursos, la población

y la inversión de capital pueden crecer hasta que se presente una crisis de contaminación. La contaminación entonces actúa directamente reduciendo la tasa de natalidad, aumentando la tasa de mortalidad y disminuyendo la producción de alimentos. La población que, de acuerdo con este modelo, llega hasta el año 2030, ha caído en un sexto de la población en un intervalo de 20 años — una catástrofe mundial de una magnitud nunca antes vivida. Uno puede especular sobre qué sectores de la población mundial serán los más afectados. Es muy posible que los países más industrializados (aquellos que pudieron haber causado el desastre) serían los que menos sobrevivirían a tal debacle medio ambiental y de la alimentación. A esos países industrializados probablemente les toque lo más pesado del colapso.

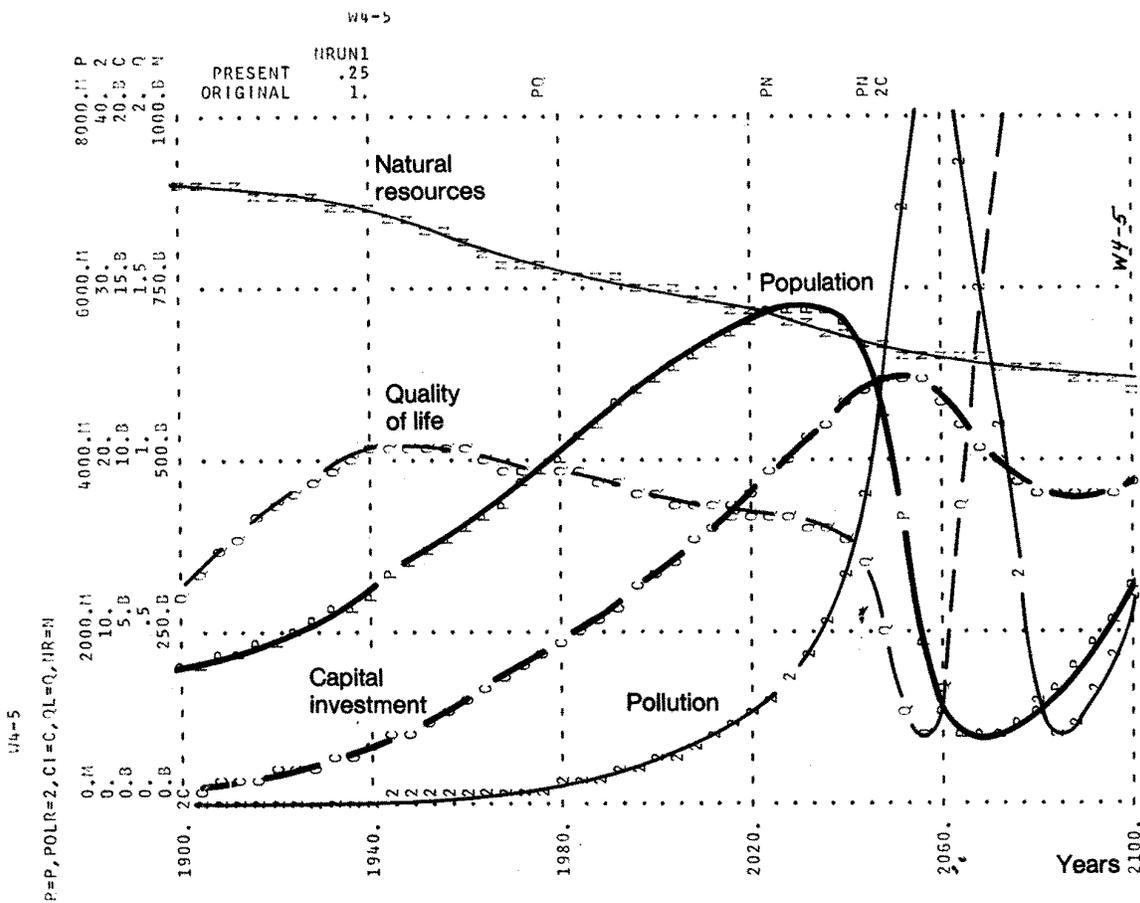


Fig. 3. Una crisis de contaminación es precipitada debido al bajo uso de los recursos naturales. En 1970, el uso de los recursos naturales se redujo en un 75 % con la ayuda de tecnología más efectiva y sin afectar el nivel de vida material.

La Figura 3 muestra cómo el éxito tecnológico (reducir nuestra dependencia en los recursos naturales) nos puede salvar de un desastre, sólo para caer víctimas de algo peor (una catástrofe de contaminación). En todo el mundo se está creando

una corriente de dudas sobre si la tecnología es la salvadora a problemas sociales y ambientales. Existe una base para tal duda. La duda no está exactamente en la tecnología, sino en el manejo de todo el complejo político-tecnológico-humano-económico-natural.

La Figura 3 es un ejemplo dramático del proceso general visto anteriormente donde un programa dirigido a un sistema problemático, no es nada más que la creación de un nuevo conjunto de problemas en alguna otra parte del sistema. Aquí, el éxito de solucionar la escasez de recursos naturales no hace nada más que abandonar el sistema en una crisis de contaminación que detiene y regresa la expansión de la población. La forma en que una solución a un problema crea un nuevo problema, ha acabado con muchos programas gubernamentales anteriores y continuará así hasta que se haga un mayor esfuerzo por entender el comportamiento dinámico de los sistemas sociales.

Suponga que en el sistema mundial básico de las Figuras 1 y 2 preguntamos cómo podemos mantener la calidad de vida que comienza a decaer después de 1950. Una opción, popular, podrá ser aumentar el ritmo de la industrialización aumentando también el ritmo de la inversión de capital. Un modelo dinámico podría resolver tales preguntas hipotéticas en unos cuantos minutos y a un costo insignificante. La Figura 4 muestra lo que sucede si el ritmo “normal” de la acumulación de capital aumenta en un 20 % en 1970. De nuevo aparece la crisis de contaminación. Esta vez la causa no es el uso eficiente de los recursos naturales, sino el gran crecimiento de la industrialización que agobia el ambiente antes de que la extinción de recursos pueda afectar la industrialización. De nuevo, una política “obvia” deseable ha causado problemas más agudos que aquellos originalmente eran corregidos.

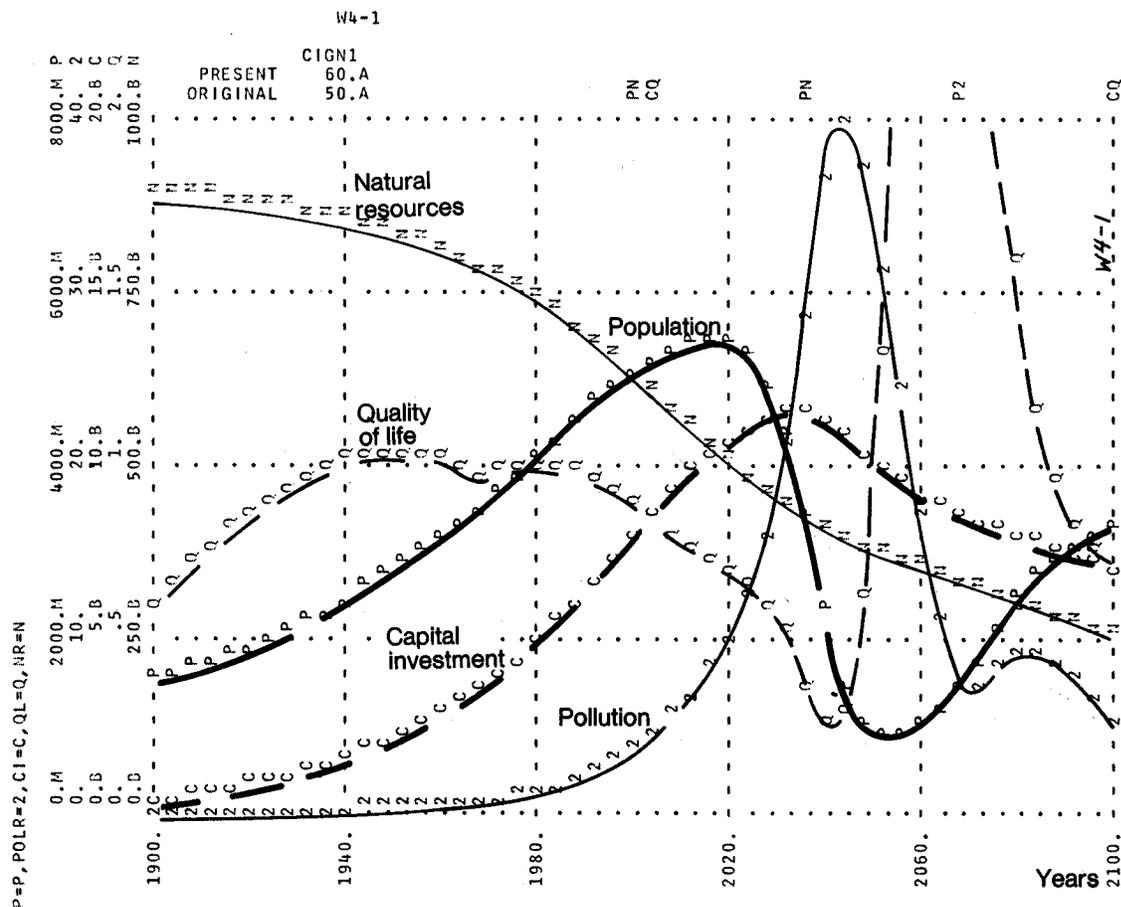


Fig. 4. En 1970, la tasa de acumulación de capital aumenta en un 20 % en un esfuerzo por dar marcha atrás a la decadencia de la calidad de vida. La crisis de contaminación surge antes de que los recursos naturales sean reducidos.

El estallido de la crisis de contaminación es importante, no solo por su mensaje, sino porque demuestra en qué forma un cambio aparentemente deseable en un sistema social puede producir resultados inesperados y aún desastrosos.

La Figura 4 nos debe prevenir de precipitarnos a elegir programas basados en impulsos humanitarios a corto plazo. El resultado eventual puede ser anti-humanitario. Los esfuerzos inspirados por la emoción, a menudo nos hacen caer en una de las tres trampas que nos tienen preparadas los sistemas sociales: (1) Los programas tienden a estudiar los síntomas y no las causas, y tratan de trabajar mediante los puntos del sistema que tiene pocas probabilidades de cambio. (2) La característica de los sistemas por las cuales cambia una política, tiene un efecto contrario breve comparado con el efecto largo que puede causar eventualmente profundas dificultades tras una secuencia de acciones a corto plazo. (3) El efecto del programa puede ser algo totalmente diferente a lo que se esperaba en un principio, de tal manera que al suprimir un síntoma, sólo provocará que estalle en otro punto.

IX. COMBINACION DE POLITICAS “OBVIAS”

La Figura 5 retiene el 20% adicional de la tasa de inversión de capital, de la Figura 4, después de 1970 y explora la reducción de la tasa de natalidad con la esperanza de evitar una crisis. Aquí, la tasa de natalidad normal es cortada a la mitad en 1970. (Los cambios en las tasas normales se refieren a los coeficientes que tienen el efecto específico si todo lo demás continúa igual. Pero otras cosas en el sistema cambian y emplean sus efectos en las tasas actuales) El resultado muestra un comportamiento interesante. La calidad de vida avanza durante 30 años por las razones de costumbre. A pesar de que no se muestra en la figura, la alimentación per cápita crece, el nivel de vida material aumenta y la sobrepoblación no es tan grande. Pero la población mundial más rica continua utilizando los recursos naturales y acumulando planta capital casi al igual que en la Figura 4. El peso del ambiente está más relacionado con la industrialización que con la población de tal manera que la crisis de contaminación surge casi al mismo tiempo que en la Figura 4.

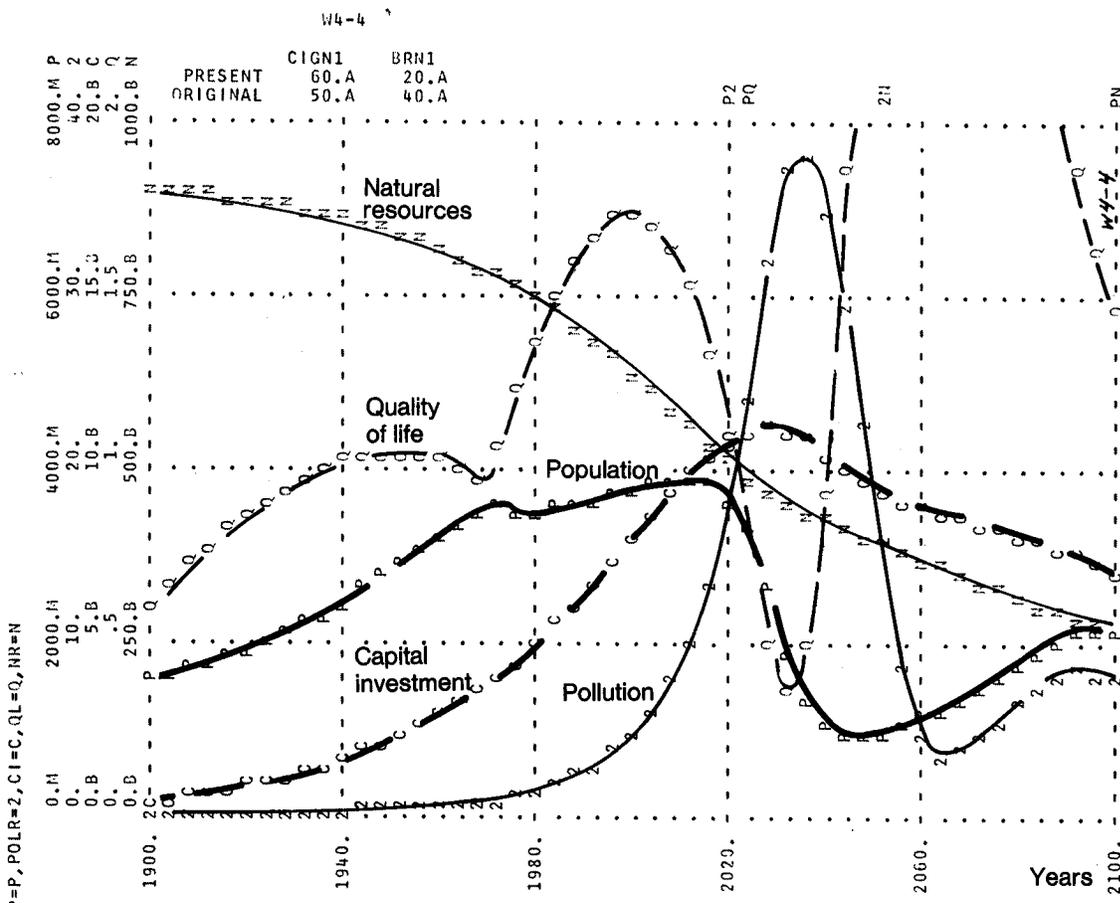


Fig. 5. En 1970, el 20 % de aumento en acumulación de capital de la figura 4 es retenido y la tasa de natalidad normal es reducida al 50 por ciento. La inversión de capital sigue creciendo hasta que

La Figura 6 combina el ritmo de uso reducido de los recursos y aumenta la tasa de inversión de capital de las Figuras 3 y 4. Como resultado, surge un colapso de población poco antes y más fuertemente basado en el sistema modificado de la figura 6.

La Figura 7 examina el resultado si la tecnología encuentra formas de reducir la contaminación que generado por la industrialización. En la Figura 6 se reduce la proporción de contaminación en un 50%, dejando lo demás igual. El resultado es posponer el día de cálculo por 20 años y dejar que la población crezca en un 25% mayor antes de que suceda un colapso de población. La “solución” a la contaminación reducida, en efecto, ha afectado a mucha gente que ahora sufre las consecuencias. La Figura 7 de nuevo revela los peligros de las soluciones parciales. El actuar en cierto punto del sistema para tratar de evitar un desastre, produce un resultado inesperado en alguna otra parte del sistema. Si las interacciones no son comprendidas del todo, las consecuencias pueden ser tan malas o peores a aquellas que un principio nos conducían la acción inicial.

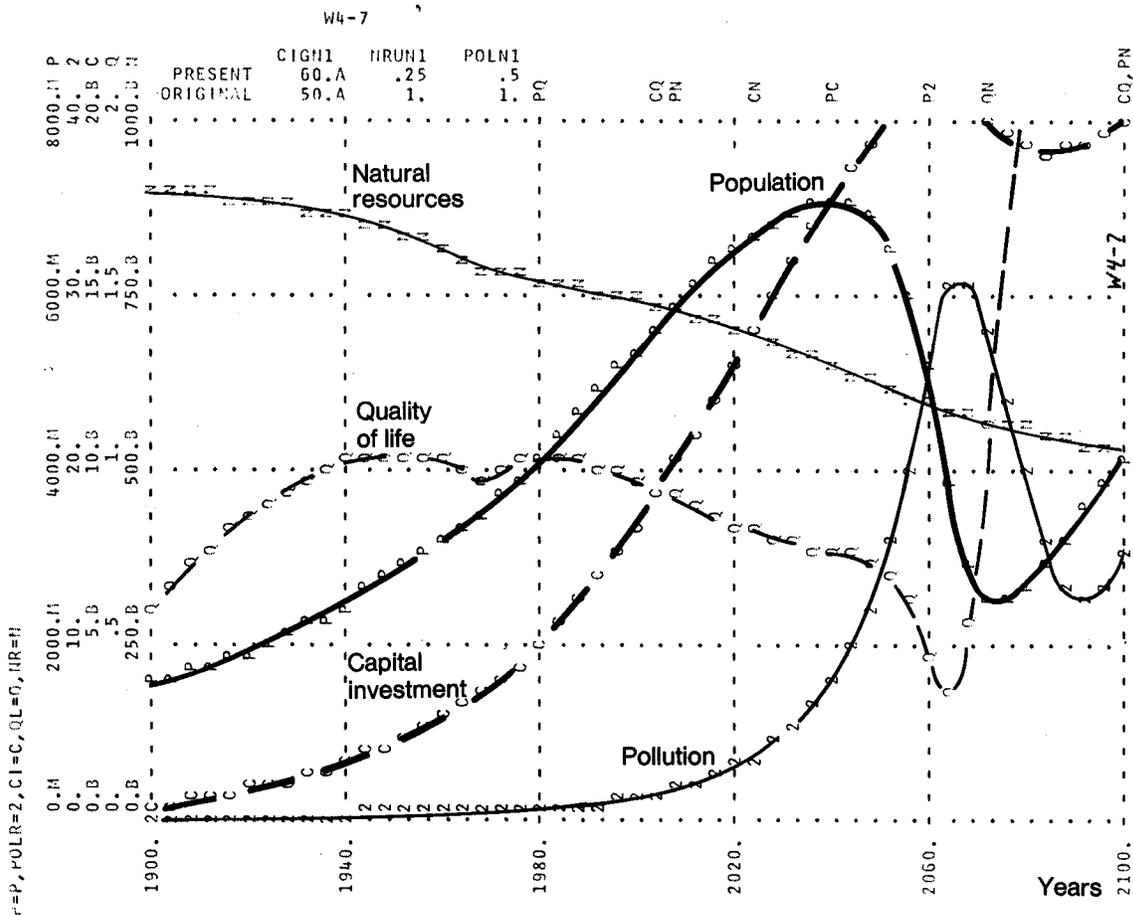


Fig. 7. La tasa de inversión de capital aumentada y el uso reducido de los recursos naturales en la Figura 6, son retenidos. Además, en 1970, la tasa normal de generación de contaminación es

reducida en un 50%. El efecto del control de contaminación es dejar que la población crezca en un 25% y postergar la crisis de contaminación por 20 años.

X. UNA ALTERNATIVA A LA CATASTROFE

No existen las utopías en los sistemas sociales. Al parecer no hay modos de comportamiento libres de presiones. Pero muchos modos del comportamiento son posibles y algunos son más deseables que otros. Los comportamientos más atractivos en los sistemas sociales son posibles, sólo si tenemos un buen entendimiento del comportamiento dinámico de los sistemas y si estamos dispuestos a soportar las presiones a corto plazo y las presiones de autodisciplina que acompañan la ruta del futuro deseado. El sistema mundial en la Figura 1 puede mostrar los modos más prometedores, que las crisis de la Figura 2 a la 7. Los modos más prometedores requieren de un grado de restricción y dedicación a un futuro a grande escala que la gente no puede soportar.

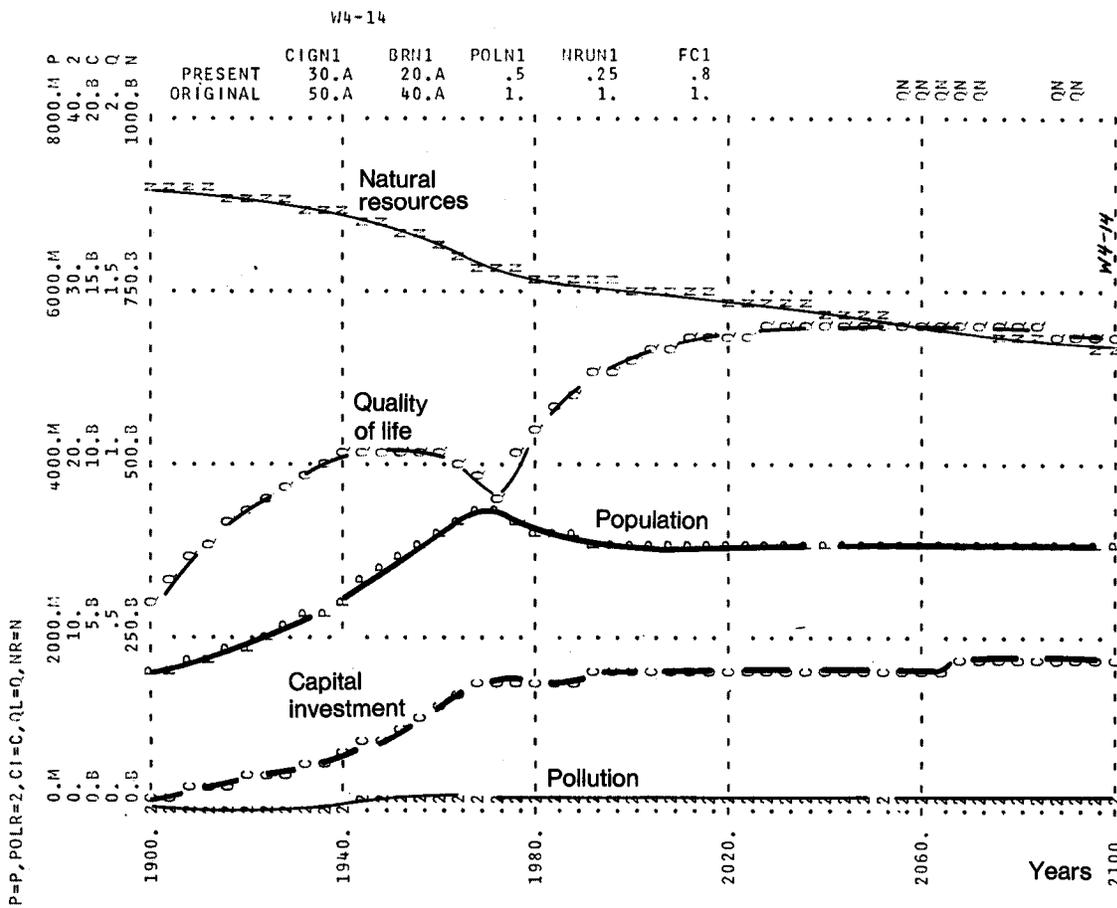


Fig. 8. Un conjunto de condiciones que establece un equilibrio mundial en una alta calidad de vida. En 1970, la tasa de inversión de capital normal es reducida un 40%, la tasa de natalidad, un 50%;

la generación de contaminación normal, un 50%; el ritmo de uso de los recursos naturales, un 75% y la producción de alimentos, un 20%.

La Figura 8 muestra el sistema mundial si se adoptaran diversos cambios de política en 1970. La población está estabilizada. La calidad de vida crece casi a un 50%. La contaminación permanece casi igual que en 1970. ¿Se puede aceptar este mundo? Esto implica el fin del crecimiento de población y del crecimiento económico.

En la Figura 8, la tasa normal de la acumulación de capital es reducida un 40% de su valor previo. La tasa de natalidad normal es reducida un 50% de su valor anterior. La generación de contaminación normal es reducida un 50% del valor anterior a 1970. La tasa normal de producción de alimentos es reducida un 20% de su valor previo. (Estos cambios en los valores “normales” son los cambios de un conjunto específico de condiciones sistémicas. Las actuales tasas del sistema siguen siendo afectadas por las condiciones variantes del sistema.) Sin embargo, la reducción en la tasa de inversión y la falta de énfasis en la agricultura son contra-intuitivos y no fácilmente aceptados sin antes hacer estudios de sistemas y años de argumentos—tal vez utilizando más los recursos ayudará a entenderlo y a lograrlo. La severa reducción de la tasa de natalidad es la más dudosa. Aún y si existieran métodos biológicos y técnicos, la condición mejorada del mundo desalentaría a seguir con la reducción de natalidad.

XI. CUESTIONES DE LA POLITICA FUTURA

Los cambios en el mundo en su conjunto afectan al futuro de los Estados Unidos. La urbanización y la industrialización norteamericanas son una parte importante de la escena mundial. Los Estados Unidos establecen un patrón que otros países están emulando. Sin embargo, el ejemplo establecido por los Estados Unidos no es sostenible. Nuestra política extranjera y nuestra actividad comercial exterior van a la inversa a los cambios que deberían ocurrir en el sistema mundial.

Las siguientes cuestiones son el resultado de estudios preliminares. Todo lo que implique una acción debe examinarse más profundamente y confirmarse investigando las suposiciones acerca de la estructura y el detalle del sistema mundial.

(a) La industrialización puede ser una fuerza fundamentalmente más inquietante en la ecología mundial que la población. De hecho, tal vez se tenga una mejor visión de la explosión demográfica si es vista como una consecuencia de la tecnología y de la industrialización. Incluyo las mejoras hechas en la medicina y en la salud pública como parte de la industrialización que ha provocado el crecimiento de la población.

(b) En el siguiente siglo, el mundo se enfrentará a un dilema de cuatro puntas—la supresión de la sociedad industrial moderna debido a la reducción de los recursos naturales, el colapso de la población mundial debido a los cambios provocados por la contaminación, la limitación de la población debido a la escasez de alimentos ó el control de la población debido a guerras, enfermedades y presiones sociales provocadas por aglomeraciones físicas y psicológicas.

(c) Puede que ahora vivamos en una “edad de oro” donde, a pesar del sentimiento mundial de malestar, la calidad de vida es, hasta cierto punto, más grande que nunca antes en la historia y más grande ahora que el futuro nos pueda deparar.

(d) Todo esfuerzo por un control directo de la población puede ser inherentemente contraproducente. Si el control de población produce, como se espera, un suministro de alimentos y estándar de vida material per cápita altos, estas mejoras pueden generar fuerzas que den paso al resurgimiento del crecimiento de población.

(e) El alto estándar de vida de las sociedades industriales modernas son el resultado de la producción de alimentos y de bienes materiales que ha podido pasar los límites de la creciente población. Pero, a medida que la agricultura alcance un límite de espacio, y a medida en que ambos alcancen el, la límite de polución, la población tenderá a recuperar su crecimiento. Ésta crecerá hasta que la “calidad de vida” caiga lo suficiente como para generar las grandes presiones que estabilizan la población.

(f) Puede muy bien ser que los países subdesarrollados no tengan una esperanza realista en alcanzar el estándar de vida de las actuales naciones industrializadas. El peso de la contaminación y de los recursos naturales generado en el sistema ambiental mundial por cada persona de un país desarrollado es probablemente de 10 a 20 veces mayor que el peso que genera una persona de un país subdesarrollado. Para los países subdesarrollados con una población cuatro veces mayor a los actuales países desarrollados, su crecimiento al nivel económico de los Estados Unidos, significaría un incremento 40 veces mayor en el peso actual de los recursos naturales y la contaminación en el ambiente mundial. Viendo la destrucción que ha ocurrido en la tierra, en el aire y especialmente en los océanos, no existe capacidad alguna que maneje tal crecimiento en el estándar de vida de la población total actual del mundo.

(g) Una sociedad con un alto nivel de industrialización puede ser insostenible. Las sociedades actuales pueden estar auto extinguiéndose si están acabando con los ambientes naturales de los cuales dependen. O, si es posible evitar la escasez de

recursos naturales gracias a un substitutivo infinito, la lucha internacional contra la contaminación y los derechos ambientales retraer el estándar mundial de vida igual al nivel del siglo pasado (19th c.)

- (h) Si damos un vistazo a los últimos cien años, los esfuerzos actuales de aquellos países subdesarrollados por industrializarse de acuerdo a los patrones occidentales, pueden ser algo imprudentes. Puede que ahora estén más cerca al equilibrio definitivo con el ambiente que los países industrializados. También, en comparación con los países desarrollados, los actuales países subdesarrollados quizá estén en mejores condiciones para sobrevivir a las presiones económicas y ambientales mundiales venideras. Cuando una de las diversas fuerzas potenciales provoca un colapso en la población mundial, los países desarrollados sufrirán el declive con mayor dramatismo.

XII. UNA NUEVA FRONTERA

Ahora es posible hipotetizar sobre las partes separadas de un sistema social, combinarlas en un modelo computacional y ver las consecuencias. Quizá al principio la hipótesis no sea tan correcta como aquellas que usamos en nuestro pensamiento intuitivo. Pero el proceso de la modelación computacional y de la prueba de modelos requiere que esta hipótesis se establezca explícitamente. El modelo proviene del campo confuso de los modelos mentales existentes en las relaciones de modelos ambiguos a los que todos tienen acceso. Entonces, las suposiciones se pueden comprobar con toda la información disponible y se puede mejorar rápidamente. La gran incertidumbre acerca de los modelos mentales es el no poder anticipar las consecuencias de las interacciones entre las partes de un sistema. Esta incertidumbre sobre las futuras implicaciones dinámicas de las suposiciones de un modelo se elimina totalmente en los modelos computacionales. Dado un conjunto establecido de suposiciones, la computadora marca las consecuencias resultantes sin duda ni error. La simulación computacional es un procedimiento poderoso clarificar los distintos aspectos de una humanidad pionera. No es sencillo. Los resultados no son inmediatos.

Estamos en el umbral de una gran nueva era de la iniciativa humana. En el pasado, han habido períodos caracterizados por la exploración geográfica. Otros han tratado con la formación de gobiernos nacionales. En otros tiempos se enfocaba en la creación de la gran literatura. Más recientemente hemos pasado por la frontera precursora de la ciencia y la tecnología. Pero la ciencia y la tecnología son ahora una parte rutinaria de la vida. La ciencia ya no es una frontera. El proceso de descubrimiento científico es ordenado y organizado.

La siguiente frontera del esfuerzo humano es dar inicio a un mejor entendimiento de los sistemas ambientales, económicos y sociales. Los medios están a disposición. La tarea no será más fácil que el pasado desarrollo de la ciencia y tecnología. En los siguientes 50 años, podemos esperar un rápido avance en el entendimiento de la dinámica compleja de los sistemas sociales. Esto necesitará de la investigación, desarrollo de métodos y materiales de enseñanza y la creación de apropiados programas educativos. Los resultados de la investigación actual encontrarán su camino en escuelas secundarias al igual que los conceptos básicos de la física pasaron del ámbito de los laboratorios de investigación al de la educación en general durante el último siglo.

Lo que hacemos actualmente afecta nuestro futuro. Si nos guiamos por la intuición y fallas en los modelos mentales, las tendencias del pasado provocarán un serio problema. Si establecemos apropiados programas de investigación y educación, posibles por ahora, podremos esperar una base más firme en el futuro.

XIII. LAS ALTERNATIVAS DE LA NACIÓN

El registro hasta ahora indica que la gente acepta que el crecimiento futuro de la población de los Estados Unidos está predestinado, más allá del límite e influencia de la acción legislativa y como una regla básica que le impone a la nación la tarea de encontrar ciudades en las cuales pueda vivir una futura población creciente. Sin embargo. He descrito el proceso circular de los sistemas sociales en donde no hay una causa y efecto unidireccional. Por el contrario, un círculo de acciones y consecuencias se encierran en sí mismas. Uno podría decir, de manera incompleta, que la población crecerá y que debe haber ciudades, espacio y alimentos. Pero igualmente uno puede decir, también de manera incompleta, que el hecho de proveer ciudades, espacio y alimentos, provocará el crecimiento de la población. La población presiona para tener crecimiento urbano, pero las presiones urbanas sólo limitan la población.

La población crece hasta que la presión llega a su límite, lo que quiere decir que la calidad de vida cae de tal manera que puede detener otro incremento. Todo lo que hacemos por reducir esas presiones hace que la población crezca más y más rápido hasta llegar al día en que ya no haya oportunidades. Los Estados Unidos parece un animal salvaje que huye de sus cazadores. Nosotros aún tenemos algo de espacio, recursos naturales y tierra para la agricultura. Podemos evitar la pregunta del crecimiento de población mientras podamos refugiarnos en esta abundante reserva que la naturaleza nos da. Pero obviamente las reservas tienen sus límites. Un animal salvaje huye hasta que se ve acorralado, hasta que ya no tiene espacio. Entonces pelea, pero ya no le queda mucho espacio para maniobrar. El animal tiene menos capacidad para impedir desastres que si hubiera peleado a campo abierto cuando aún tenía espacio para moverse y

escondarse. Los Estados Unidos está huyendo de las grandes amenazas al tratar de mitigar las presiones sociales a medida que éstas aparecen. Pero si insistimos en tratar sólo los síntomas y no las causas, el resultado aumentará la amenaza definitiva cortando nuestras opciones a responder.

¿Qué significa esto? En lugar de aceptar automáticamente la necesidad de nuevos pueblos y el deseo de establecer la industria en área rural, debemos pensar en confinar nuestras ciudades. Si pudiéramos prohibir la invasión de la vivienda y de la industria en un simple acre de una granja o del campo, la resultante presión social aceleraría la llegada al día en el que pudiéramos estabilizar la población. Algunos países europeos están por restringir el crecimiento urbano más pronto que nosotros.

Como yo lo entiendo, las granjas alrededor de Copenhagen no se pueden usar para la vivienda o la industria hasta que presiones más severas fuerzan al gobierno a redistribuir pequeñas parcelas adicionales. Cuando se redistribuye la tierra, el correspondiente aumento del precio del terreno ya tiene incluidos todos los impuestos, desapareciendo así el interés por la especulación de un terreno. El tiempo de espera para un apartamento en Copenhagen puede tardar años. Tales presiones ciertamente hacen que los daneses enfrenten un problema de población más acorde que el que nosotros utilizamos.

Nuestro más grande reto ahora es manejar el cambio de crecimiento a equilibrio. Por miles de años, la tradición a motivado y premiado al crecimiento. Las historias de folklore y de éxito elogian el crecimiento y la expansión. Pero el crecimiento no es el camino a un futuro sin límites. Muchas presiones actuales en la sociedad surgen de las presiones que acompañan al cambio del crecimiento al equilibrio. Sin embargo, hasta aquí las presiones en las ciudades son menores comparadas con aquellas que se acercan. Las presiones de población y las fuerzas económicas en una ciudad que estaba alcanzando el equilibrio anteriormente han podido escapar hacia nuevas áreas de terreno.

Escapar es cada vez menos posible. En efecto, hasta ahora habíamos contado con enormes terrenos rurales y potencial de crecimiento alimenticio, pero ahora estamos llegando al punto crítico en donde, todo al mismo tiempo, la población está invadiendo el terreno productivo; el terreno agrícola por primera vez está totalmente ocupado, el aumento de población exige más suministros de alimentos y la urbanización está sacando a la agricultura de las áreas fértiles para dejarla en las áreas marginales. Por primera vez la demanda está llegando a una condición donde el suministro comenzará a caer mientras que la necesidad crece. El paso de la abundancia a la escasez puede surgir de forma abrupta.

Las políticas fiscales y monetarias de un país forman un sistema complejo dinámico del estilo que les he venido comentando. Claramente, los Estados Unidos aún no han establecido políticas que guíen las interacciones entre el gobierno, crecimiento, desempleo e inflación. Cada vez es más urgente desarrollar políticas a largo plazo a medida que el país cambia por primera vez de una historia del crecimiento a las presiones turbulentas que acompañan la transición de crecimiento a uno de los diversos tipos posibles de equilibrio. Necesitamos optar y trabajar por un tipo de equilibrio deseable antes que lleguemos al punto en donde el sistema impone su propia opción de consecuencias lamentables.

En una jerarquía de sistemas, siempre existe un conflicto entre las metas de un subsistema y el bienestar de un sistemas más amplio. El conflicto es notable en un sistema urbano. La meta de una ciudad es la expansión y el aumento de su calidad de vida. Pero las políticas de crecimiento incrementan la población, la industrialización, la contaminación y la demanda del suministro de alimentos. El sistema social más extenso de un país y el mundo requieren de restringir las metas de las áreas urbanas y, esas presiones de tales restricciones se elevan tanto que mantienen las áreas urbanas y la población en los límites que, sistemas mayores consideran satisfactorios y a los cuales pertenecen las ciudades. Si este país sigue tras las tradicionales metas urbanas, el resultado sólo intensificará la angustia de todo el país y con el tiempo intensificará la crisis en las mismas ciudades. Quizá estemos en el punto en que se necesiten presiones más graves en la actualidad si en un futuro se evitan las insuperables presiones.

He echado un vistazo a la naturaleza de los sistemas de multi-lazo, una clase a la cual pertenece el sistema social. He mostrado cómo estos sistemas complejos confunden a la gente debido a que la intuición es formada por la experiencia de sistemas simples de los que esperamos un comportamiento muy distinto al que en realidad tienen los sistemas complejos. Los Estados Unidos siguen aún en la búsqueda de programas que serán aún más frustrantes e inútiles que los del pasado.

Pero hay una esperanza. Ahora existe la posibilidad de entender mejor el comportamiento dinámico de los sistemas sociales. El progreso será lento. Hay muchas contracorrientes en los sistemas sociales que sólo causarán confusión y retraso. El enfoque de dinámica de sistemas que he venido describiendo es muy distinto al énfasis en la recopilación de datos y análisis estadístico de diversas áreas. Si obramos con aptitud pero con previsión, existe una base de optimismo.

BIBLIOGRAFIA

- Alfeld, Louis Edward, and Alan K. Graham, 1976. *Introduction to Urban Dynamics*, Portland, OR: Productivity Press. 333 pp.
- Forrester, Jay W., 1961. *Industrial Dynamics*, Portland, OR: Productivity Press. 464 pp.
- Forrester, Jay W., 1968. *Principles of Systems*, (2nd ed.). Portland, OR: Productivity Press. 391 pp.
- Forrester, Jay W., 1968. *Principles of Systems*, (2nd ed.). Portland, OR: Productivity Press. 391 pp.
- Forrester, Jay W., 1969. *Urban Dynamics*, Portland, OR: Productivity Press. 285 pp.
- Forrester, Jay W. 1969a. "Systems Analysis as a Tool for Urban Planning." In Martin Goland (ed.), *The Engineer and the City*, pp. 44-53. Washington, D.C.: National Academy of Engineering. Reprinted in several places, including Chapter 2 in *Readings in Urban Dynamics: Volume 1*, 1974, N. J. Mass, ed, and as Chapter 11, pp. 175-189, in the author's *Collected Papers*, 1975, both from Portland, OR: Productivity Press; and in *Industrialized Building Systems for Housing*, Albert G. H. Dietz and Laurence S. Cutler, eds., MIT Press, Cambridge, MA, 1971.
- Forrester, Jay W., 1971. *World Dynamics*, (1973 second ed.). Portland, OR: Productivity Press. 144 pp. Second edition has an added chapter on physical vs. social limits.
- Forrester, Jay W., 1975. *Collected Papers of Jay W. Forrester*, Portland OR: Productivity Press. 284 pp.
- Goodman, Michael R., 1974. *Study Notes in System Dynamics*, Portland OR: Productivity Press. 388 pp.
- Mass, Nathaniel J., ed., 1974. *Readings in Urban Dynamics: Volume I*, Portland OR: Productivity Press, 303 pp.
- Meadows, Dennis L., and Donella H. Meadows, ed., 1973. *Toward Global Equilibrium: Collected Papers*, Portland OR: Productivity Press, 358 pp.
- Meadows, Dennis L., William W. Behrens, III, Donella H. Meadows, Roger F. Naill, Jørgen Randers, and Erich K. O. Zahn, 1974. *Dynamics of Growth in a Finite World*, Portland OR: Productivity Press. 637 pp.
- Meadows, Donella H., Dennis L. Meadows, Jørgen Randers, and William W. Behrens, III, 1972. *The Limits to Growth*, New York: Universe Books. 205 pp.
- Schroeder, Walter W., III, Robert E. Sweeney, and Louis Edward Alfeld, ed., 1975. *Readings in Urban Dynamics: Volume 2*, Portland OR: Productivity Press, 305 pp.